GALILEI ALS PHILOSOPH

DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN

ABTEILUNG DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT BASEL

VON

FRITZ WIESER

AUS NEUNKIRCH (SCHAFFHAUSEN).

BASEL 1919

GENOSSENSCHAFTSBUCHDRUCKEREI.

GALILEI ALS PHILOSOPH

DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN

ABTEILUNG DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER UNIVERSITÄT BASEL

VON

FRITZ WIESER

AUS NEUNKIRCH (SCHAFFHAUSEN).

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

BASEL 1919

GENOSSENSCHAFTSBUCHDRUCKEREI.

Genehmigt von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät auf Antrag der Herren Professoren Dr. K. Joël und F. Heman.

Basel, den 4. Juli 1917.

Prof. Dr. Max Niedermann,
Dekan.

Galilei als Philosoph.

Motto: Nè io credo che si trovi nel mondo odio maggiore che quello dell' ignoranza contro il sapere (G. nach seinem 1. Prozess 1616 an Orso d'Elci, XII, 294*).

Einleitung.

Wenn die Philosophie stets wieder auf den ganzen Umfang des geistigen Lebens, das Tatsachen wie Aufgaben in ewiger Bewegung neu erzeugt, zurückzugehen hat, um sich von dort, wenn nichts anderes, so doch stets neue Anregung zu holen, dann wird es stets eine ihrer wichtigsten Aufgaben bleiben, die Entwicklung der speziellen Wissenschaften mit Aufmerksamheit zu verfolgen und nach ihren prinzipiellen Grundlagen und Methoden zu forschen. Allerdings ist der allgemeine Anspruch der Philosophie, mit dem sie öfters als die eigentliche „Wissenschaft der Prinzipien" für alle Einzelwissenschaften überhaupt auftrat, von diesen im Interesse ihrer selbständigen und freien Entwicklung mit Recht zurückgewiesen worden; dass aber dadurch die Notwendigkeit der Aufgabe, an deren Lösung beide Teile dasselbe Interesse haben, zu der aber auch die Mitarbeit beider notwendig ist, nicht berührt wird, zeigt am besten die Tatsache, dass stets wieder von der Wissenschaft selbst jene Erforschung ihrer Prinzipien in Angriff genommen wurde; ich brauche nur zu erinnern an Hilberts Untersuchungen über die Grundlagen der Geometrie, Machs „Mechanik" und vor allem an die Werke Poincarés.

Eine solche systematische Untersuchung der Grundlagen einer Wissenschaft wird nun besonders interessant und für das Verständnis des tiefsten Wesens und Zwecks derselben fruchtbar sein, wenn sie mit einer historischen Betrachtung der für ihre Entwicklung entscheidenden Epochen verbunden wird. Wie die Renaissance, d. h. im engeren Sinne die Zeit

*) Alle Zitate aus G. nach der „Edizione nazionale". Die röm. Zahlen bezeichnen den Band. Abkürzungen: G. = Galilei, gal. = galileisch.

von ca. 1450—1530, für die kulturelle Entwicklung Europas die letzte grosse entscheidende Krisis bildet, aus der die Menschheit mit frisch erwachtem Leben unter neuen Gesichtspunkten an neue Aufgaben herantrat, so bildet etwas später (1590—1640) Galilei mit seinen Zeitgenossen (aber er weit über alle emporragend und das Ganze bestimmend) den Wendepunkt, an dem die Richtlinien der Entwicklung der exakten Naturwissenschaften auf Jahrhunderte hinaus festgelegt wurden. Mit G. hat diese Wissenschaft den entscheidenden Schritt gemacht zwischen zwei prinzipiell verschiedenen wissenschaftlichen Anschauungs- und Denkweisen, die man ganz roh und oberflächlich als qualitative und quantitative, spekulative und empirische Wissenschaft, Deduktion und Induktion (in bezug auf die Methode) zu bezeichnen pflegt. Bei der Untersuchung der Neubegründung unseres Wissens von der Natur durch G. stellt sich nun die Frage so: Was bedeutet jener eben skizzierte Gegensatz? Charakterisiert er wirklich das tiefste Wesen jener Krisis? Welche Bedeutung hat in ihr die geistige Persönlichkeit G.? und endlich: Worin und inwieweit hat G. selbst die prinzipielle Bedeutung seiner Leistung erkannt?

Die Antwort wird in der Richtung lauten: 1. Jene Antithesen drücken den Gegensatz von alter und neuer Naturwissenschaft nicht adaequat aus; es gibt keine rein spekulative und rein empirische, keine rein deduktive und rein induktive Wissenschaft von der Natur; vielmehr ist das Verhältnis des Anteils dieser Faktoren ein viel komplizierteres; 2. G. ist sich weit mehr, als bisher meistens (besonders von naturwissenschaftl. Seite) angenommen wird, der prinzipiell philosophischen Bedeutung seiner reformatorischen Leistung bewusst gewesen, und zwar eben im Sinn einer eigentümlichen Synthese von Idee und Erfahrung, Deduktion und Induktion.

Diese Synthese tritt uns schon klar entgegen in dem, was gemeinhin als das Charakteristische der gal. Wissenschaft gilt, nämlich in der Begründung der exakten Naturwissenschaften auf die zwei Grundpfeiler des Experimentes und der Mathematik. Während aber die Begründung auf das Experiment stets als Beweis für den empirischen Charakter der Wissenschaft erkannt, und so in der Geschichte der neuern Philosophie vom Empirismus stets als Zeugnis für den allgemeinen empirischen Charakter unseres Wissens überhaupt benutzt wurde, ist nicht immer durch die Mathematik als notwendiges Fundament der Wissenschaft der „rationale“ Charakter derselben ebenso klar erkannt worden. Und doch ist in der gal. Begründung der Wissenschaft gerade dieser

rationale Faktor, eben die Mathematik, von der entscheidenden Bedeutung gewesen; denn erst von dem festen Standpunkt der mathematischen Denkweise aus ist es G. gelungen, der Naturwissenschaft den „sicheren Gang“ zu verleihen, der sie über Newton und Lagrange bis auf unsere Tage zu ihren Erfolgen geführt hat.

Doch dieses erste, den rein tatsächlichen Anteil und die Bedeutung dieser beiden Hauptfaktoren an der Begründung unserer Wissenschaft aufzuweisen, ist noch nicht die Hauptsache unserer Aufgabe; diese besteht für die Philosophie nun vor allem darin, den tiefsten Zusammenhang und die gegenseitige Bedingtheit dieser zwei Hauptstämme unserer mathematischen Naturerkenntnis, sowie ihre Notwendigkeit für dieselbe auf Grund einerseits einer einheitlichen Idee der Natur und ihres Geschehens, andererseits einer klaren Einsicht in das Wesen unserer Erkenntnis, aufzudecken. In welcher Weise bedingen sich jene zwei Faktoren, damit aus ihnen als notwendiges „organisches“ Produkt der mächtige Strom unserer heutigen Naturwissenschaft entspringen konnte? Das einzelne und das Allgemeine, das rationale und das empirische Element unseres Erkennens waren stets die Pole, die durch die Notwendigkeit einer Vermittlung die philosophische Entwicklung bestimmten; die ersten Versuche, auch der des grössten systematischen Denkers unter den griechischen Philosophen, des Aristoteles, mussten an ihren inneren Widersprüchen scheitern; G. hat, indem er für das spezielle Gebiet der „exakten Naturwissenschaft“ jedem jener zwei Elemente seine spezifische Aufgabe zuwies, erst die gemeinschaftliche Arbeit beider an dem einheitlichen Aufbau der neuen Wissenschaft möglich gemacht.

Wir können jedoch das eben kurz formulierte Problem nur dann befriedigend lösen, wenn wir das ganze Lebenswerk G. in seiner allgemeinen Bedeutung für Wissenschaft und Philosophie zu erfassen suchen. G. hat durch die Konzeption der für die ganze moderne Naturwissenschaft grundlegenden Gedanken und Anschauungen auch einen bestimmenden Einfluss auf die Entwicklung der neueren Philosophie ausgeübt. Das wird uns nicht nur klar, wenn wir uns daran erinnern, wie oft — ich brauche nur auf Descartes, Leibniz und Kant hinzuweisen — die exakten Naturwissenschaften wie die Mathematik der Philosophie ganz neue Orientierungen geliefert haben; die Bedeutung G. für die Philosophie ist vielmehr auch eine noch viel direktere, innigere, die von Riehl (Viert. f. wiss. Ph. 1893, pag. 1) so formuliert wird: „Wer der Philosophie, es sei ausschliesslich oder doch in erster Reihe, die Aufgabe zuweist, die Quellen und Wege des Wissens zu prüfen

und die Grenzen des Erkennens festzustellen, wird den Schöpfer der modernen Physik auch zu den Urhebern der modernen Philosophie zu zählen haben.“ Hierin liegt wirklich die letzte und allgemeinste Bedeutung G. für die Philosophie, dass er fundamental neue Ansichten über das Wesen und die Entstehung, sowie über die Methoden unserer wissenschaftlichen Erkenntnis aufstellte, d. h. nicht in systematisch bewusster Weise in „philosophischen“ Werken, sondern quasi in der Praxis, in seiner Wissenschaft selbst implicite seine neuen Anschauungen anwandte; seine wissenschaftliche Leistung bildete nach Riehl (a. a. O. S. 2) „gleichsam den Text, zu dem die philosophische Erkenntnislehre den Kommentar liefert“.

Es wäre eine verlockende aber auch schwierige Aufgabe, die Revolution, die G. auf dem Gebiet der Wissenschaft von der Natur hervorrief, mit der entsprechenden Leistung Kants im Reiche des reinen Denkens zu vergleichen, und beide auf ihre gemeinsamen Prinzipien und Tendenzen zu untersuchen. Es erscheint daher um so merkwürdiger, dass, trotzdem auch Kant selbst in der Vorrede zur 2. Aufl. der Kritik d. r. V. ausdrücklich erklärt, er gedenke in der Philosophie nur das Entsprechende von dem zu leisten, was Copernicus und G. für die Naturwissenschaft getan, bis jetzt noch niemals in erschöpfender Weise die spezifisch philosophische Leistung G. mit oder ohne spezielle Beziehung auf den Kantischen Kritizismus, wodurch sie erst die richtige Beleuchtung findet, dargestellt worden ist. Es fehlt bis jetzt eine umfassende Schilderung des tiefsten Wesens des gal. Geistes, aus der alle seine Leistungen als einheitliches Ganzes begriffen werden könnten. Seit den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts hat sich zwar eine rasch anwachsende Literatur mit den Inquisitionsprozessen G. beschäftigt, ohne in allen Punkten zu einem abschliessenden Urteil kommen zu können; dann sind in einer ganzen Reihe von Abhandlungen von naturwissenschaftlicher und philosophischer Seite einzelne Punkte und spezielle Probleme seines Werkes behandelt worden. Nach den Aufsätzen von H. Martin hat dann zuerst Natorp versucht, den ganzen Umfang der philosophischen Leistung G. kurz zu skizzieren, wenigstens als Aufgabe; sein Resultat besteht darin, dass er „die scharfe Trennung der physischen Wissenschaften von der blossen Spekulation durch die Forderung des strikten Beweises der Tatsächlichkeit, bei der klaren und tiefgegründeten Einsicht, dass die Triebfeder aller Spekulation, die Idee, doch zugleich auch die Wurzel aller Wissenschaft ist“ als das eigentlich Philosophische an G. bezeichnet. Von der übrigen philosophischen Literatur sind die Aufsätze von Prantl und Riehl hervorzuheben.

Der Versuch, die philosophische Bedeutung G. aufs neue zu untersuchen, wird nun aber weiter auch dadurch besonders gerechtfertigt, dass uns jetzt endlich in der von Antonio Favaro, dem bedeutendsten italienischen Galileiforscher, herausgegebenen Edizione nazionale (1890—1909, 21 Bände,) das ganze erhaltene Lebenswerk G. in alle früheren Ausgaben weit übertreffender Weise zur Verfügung gestellt ist. Es ist wirklich einer der seltenen Fälle in der Geschichte der neueren Philosophie, wo durch die neueste Forschung wesentlich neues Material zum Vorschein gekommen ist. Etwas vom Wichtigsten an dieser Ausgabe scheint mir, dass sie uns auch einen genauen Einblick in die Denkart der vor- und anti-galileischen Wissenschaft verschafft; kaum ein anderer Denker hat aber auch seine Hauptgedanken so vollständig im Kampf mit seinen Gegnern zur Reife gebracht wie G.! Viele der für sein philosophisches Verständnis wichtigsten Stellen sind in den hier zum ersten Mal veröffentlichten „Postillen" G. zu den Schriften seiner Gegner enthalten; der wichtige Briefwechsel G. enthält in dieser Ausgabe dreimal mehr Briefe als alle früheren Ausgaben.

Auf Grund dieser neuen Ausgabe der Werke G. und unter Berücksichtigung des gesamten mit der Zeit verfügbar gewordenen Materials hat es dann als erster E. Wohlwill, der verdiente Historiker der Physik, unternommen, vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus eine umfassende Darstellung der Persönlichkeit G. und seiner wissenschaftlichen Leistungen zu geben; doch ist das Werk leider mit dem Tode des Verfassers beim 1. Bande (der bis 1616 reicht) stehen geblieben. Wenn nun das Entsprechende in bezug auf die philosophische Würdigung G. bisher noch fehlt, so ist es natürlich unmöglich, dies im engen Rahmen einer Dissertation zu leisten; was ich mir hier vornehme ist vielmehr, gleichsam das Skelett dieses noch zu schreibenden Werkes zu geben, d. h. den ganzen Umfang aller die philosophische Würdigung G. berührenden Fragen, sowie ihren Zusammenhang, und zwar in dem Sinne, dass ich womöglich stets auf die eigenen Aeusserungen G. zurückgehe, also gleichsam das Material liefere für die künftige umfassende Darstellung.

Capitel 1.

Die neue Anschauung der Natur.

Das copernicanische Weltbild.

„Jo stimo più il trovar un vero, benchè di cosa leggiera, che'l disputar lungamente delle massime questioni senza conseguir verità nissuna“ (G. an Campanella, IV, 738).

Die wissenschaftliche Leistung G. kann nicht in eine einfache Formel gefasst werden; sie ist, ähnlich der Philosophie Kants, ein persönlich-ursprünglicher Organismus, eine neue Art, wissenschaftlich zu denken, eine neue Anschauung der Natur und schliesslich, als entscheidender Punkt, eine neue Methode, die Erscheinungen derselben in ein wissenschaftliches System zusammenzufassen und durch die Unterordnung unter einige wenige grundlegende Gesetze „begreiflich“ zu machen. Diese neue Wissenschaft von der Natur beruhte letztlich auf demselben Grunde wie die ganze neue durch die grosse Kulturbewegung der Renaissance eingeleitete Zeit: auf dem Bewusstsein der neuerwachten schöpferischen Lebenskraft des europäischen, zuerst speziell des italienisch-florentinischen Geistes; auch G. ist nicht „zufällig“ Florentiner. Wir haben hier nun die spezielle Aufgabe, zu untersuchen, in welcher Weise der im Todesjahr Michelangelos (1564) geborene Naturforscher, dessen Denken anderseits bereits unter dem Einfluss des methodisch-mathematischen Geistes des beginnenden 17. Jahrhunderts stand, durch die Grundlegung seiner exakten Naturwissenschaft den vielleicht wichtigsten Eckstein in das stolze Gebäude der modernen Kultur fügte. (Wir verweisen hier besonders auf die glänzenden Ausführungen Diltheys, Ges. Schriften II. Bd., S. 257 ff. u. a. a. O.) Unsere Aufgabe wird sich in drei Hauptteile gliedern: Darstellung des prinzipiellen Charakters der neuen Wissenschaft, ihrer Methode und ihrer erkenntnistheoretischen Bedeutung; vorher aber müssen wir kurz auf einige allgemeinere Voraussetzungen eingehen: 1. Die aus dem Geist der Rennaissance hervorgehende neue Art der Naturanschauung bei G.; davon ausgehend werden uns dann die späteren Ausführungen zeigen, worin G., auf jenem Fundament weiterbauend, über das, was der Renaissance eigentümlich und möglich war, hinausgegangen ist; 2. die besondere Bedeutung, die die copernicanische Weltansicht für die gal. Naturwissenschaft gehabt hat.

Dass es sich nicht nur darum handeln konnte, einige philosophische oder naturwissenschaftliche Theorien zu widerlegen, dass vielmehr eine völlig neue Denkart siegreich durchbrechen müsse, war G. selbst völlig klar. „Ueberaus übel, schreibt er, ist der Gedanke, eine neue Philosophie dadurch einführen zu wollen, dass man den oder jenen Autor widerlegt; nötig ist zuerst, dass man lernt, wie die Gehirne der Menschen erneuert und fähig werden können, das Wahre vom Falschen zu unterscheiden (VII, 80)." Dieses „neue Gehirn" G. erkennt, verarbeitet und begreift, auf Grund einer völlig neuen Anschauung vom Wesen der Natur, die Erscheinungen derselben in einer von der Auffassung der peripatetischen Schulphilosophie principiell verschiedenen Weise. Der letztern gegenüber, die noch am Ende des 16. Jahrhunderts die Naturwissenschaft, wie sie an den Universitäten und in der gelehrten Literatur vertreten wurde, nahezu vollständig beherrschte, kam es zuerst einmal einfach wieder darauf an das Interesse an der wirklichen Natur zu wecken, das in der geistigen Entwicklung des Mittelalters fast völlig verloren gegangen zu sein schien. Mit einer für unser Empfinden fast grotesk wirkenden Ueberhebung, voll Hochmut und Blasiertheit sahen die peripatetischen Schulphilosophen von dem erhabenen Standpunkt ihrer „reinen" Spekulation auf diejenigen herab, die sich um die exakten Massverhältnisse der Naturerscheinungen kümmerten: „Die Philosophen beschäftigen sich hauptsächlich mit den Universalien, stellen die Definitionen und die allgemeinsten Symptome fest, während sie gewisse Spitzfindigkeiten und Kleinigkeiten, die dann mehr nur Kuriositätswert haben, den Mathematikern überlassen", erklärt Simplicio, der Vertreter der Schulphilosophie im „Dialog" (VII, 189). Wie bescheiden nimmt sich demgegenüber die Auffassung aus, die in dem an die Spitze dieses Kapitels gestellten Motto ausgesprochen ist! G. hatte mit vielen andern den Geschmack an den alten mit viel Worten vorgetragenen „Wahrheiten", deren Inhaltslosigkeit man einsah, verloren; dafür war ein „Hunger nach Tatsachen" erwacht, „benchè di cosa leggiera". Es ist ein neuer lebensvollerer Begriff von Wahrheit, der sich hier emporringt; als einen Genossen im Streben nach derselben begrüsst G. Kepler in seinem ersten Brief an den deutschen Freund: „Miserabile enim est, adeo raros esse veritatis studiosos, et qui non perversam philosophandi rationem prosequantur" (X, 68).

Dieses neuerstandene Interesse an der Natur und an der Wirklichkeit, das G. in dem Venezianer Sagredo (in seinen Dialogen) mit künstlerischer Meisterschaft dargestellt hat, war das Erbe der Renaissance; es ist im Grunde derselbe Trieb,

derselbe Geist, wenn Macchiavelli die so wechselvollen Geschicke seiner Vaterstadt verfolgt, wenn Michelangelo um die letzten einfachsten Formen und Gesetze der Schönheit der Natur ringt; wenn Cardano sein äusseres und inneres Erleben mit dem unerbittlichen Auge des Arztes analysiert und registriert, und wenn nun endlich in G. mit elementarer Wucht der Trieb nach wissenschaftlicher Begreifung des gesamten Naturgeschehens erwacht, um ihn trotz aller Hindernisse und Gegner bis zu seinem Tode nicht mehr loszulassen. Dass jener Trieb etwas fast Dämonisches an sich hatte, ersehen wir noch aus Briefen des achtzigjährigen Greises: ihm konnten die unfruchtbaren Compilitionen aus den Werken früherer Forscher, aus denen der überwiegende Teil der damaligen wissenschaftlichen Literatur bestand, nicht mehr genügen (s. z. B. den Brief an seinen Schüler B. Castelli (XVIII, 129). Er spricht einmal von dem Unterschied zwischen dem „Philosophieren" und dem „Studieren der Philosophie"; wie man nur ein wirklicher Maler wird, wenn man nach der Natur selbst zeichnet, statt nur andere zu kopieren, „so wird die stete und ausschliessliche Beschäftigung mit den Schriften anderer, ohne je die Augen zu den Werken der Natur selbst zu erheben, ohne in diesen die schon gefundenen Wahrheiten zu erkennen und einige der unendlich vielen noch zu entdeckenden aufzuspüren, nie einen philosophischen Menschen aus dir machen" (III, 395).

Wenn wir aber so versuchen wollen, dem wahren Wesen der Natur näher zu kommen, dann dürfen wir nicht mit dem Vorurteil an sie herantreten, dass wir unser Verstehen zum Mass ihrer Verhältnisse machen; „wir dürfen nicht verlangen, dass die Natur sich dem anpasse, wie es uns am besten bestimmt und geordnet erscheint, sondern wir müssen unsern Verstand dem anpassen, was jene gemacht hat, überzeugt, dass dies und nichts anderes das Beste ist" (XI, 344). Einem seiner Gegner hält G. vor, seine Einwände beständen eigentlich nur darin, dass sie seine Verwunderung über das ausdrückten, was uns die Sinne zeigen; „aber dass wir uns in unserer Unwissenheit wundern, wie die Schlangen ohne Füsse sich bewegen können, bewirkt nicht, dass jene irgendwie langsamer gehen, noch macht es sie unbeweglich" (IV, 167). Die freie Entwicklung der Wissenschaft darf nicht durch anthropomorphe Dogmatismen schon im Keime erstickt werden; „der Zweifel in der Philosophie ist der Vater aller Erfindung, indem er der Aufdeckung des Wahren Bahn bricht" (XVIII, 125). (Siehe hierzu auch die Stelle V, 325.)

Der allgemeine Charakter und Eindruck dieser Natur ist nun für G. zuerst der der Lebendigkeit, der ständigen Be-

wegung und Veränderung: „Sieh wie die Natur uns schliesslich mit unverwischbaren Zeichen zeigt, wie sehr sie aller trägen Ruhe feind ist; im Gegenteil, immer und an jedem Ort gefällt es ihr zu wirken, zu erzeugen, hervorzubringen und aufzulösen (dissolvere), und das sind ihre hervorragendsten Eigenschaften (somme eccellenze)." XI, 327.) Diese Mannigfaltigkeit ist gerade der höchste Vorzug der Natur: „Es ist um ebensoviel schöner, dass die himmlischen Bewegungen um verschiedene Zentren herum stattfinden, wie der „canto figurato" kunstvoller und anmutiger ist als der „canto fermo" (III, 398; wir verweisen bei diesem Beispiel darauf, wie G. oft in seinem wissenschaftlichen Denken sich von künstlerischen Gesichtspunkten bestimmen lässt; doch können wir hier auf diese interessante Tatsache nicht näher eingehen). In jener Anschauung enthüllt sich uns der tiefste Gegensatz, in dem die gal. Naturauffassung zu der ganzen peripatetisch-scholastischen Philosophie steht; es ist der fundamentale Gegensatz, der entsteht, je nachdem man bei der Frage nach dem innersten Wesen der Natur von der „Kategorie des Seins", der Substanz, oder von der des „Werdens", der Veränderung, der Bewegung ausgeht; der Gegensatz, wie er uns in seiner primitiven Urform schon in der Antithese Parmenides-Heraklit entgegentritt. Inwieweit bei Aristoteles auch das zweite Element, die Idee der Entwicklung, speziell auf Grund seiner biologischen Untersuchungen, zur Geltung kam, und in welcher Weise und mit welchem Erfolg er in seiner Wissenschaftslehre beide zu verbinden wusste, das zu untersuchen ist hier nicht unsere Aufgabe; sicher ist, dass in der Entwicklung der peripatetischen Lehre zur scholastischen Naturphilosophie des Mittelalters das „rationale" Element bis zur äussersten Einseitigkeit sich ausbildete und die Wissenschaft beherrschte. Wie Parmenides, indem er das Sein aus dem Begriff entwickelte, zu seiner unveränderlichen Weltkugel kam, so sah nun der Peripatetiker in der Unveränderlichkeit der himmlischen Objekte deren höchste Eigenschaft, während G. gerade die Veränderlichkeit der Vorgänge auf der Erde, die für den Scholastiker nur die „Hefe der Welt, die Ablagerung alles Schmutzes" (VII, 84) bedeuteten, preist. Worauf es G. ankommt, ist das: „Wenn das, was Zerstörung genannt wird, Vernichtung wäre, dann wäre die Feindschaft der Peripatetiker einigermassen begründet; aber wenn es nichts anderes ist als eine Veränderung, so verdient es diesen Hass nicht; ich glaube nicht, dass jemand sich vernünftigerweise über die Zerstörung des Eies beklagen könnte, während aus jenem das Küchlein sich entwickelt" (V, 234). Es ist ein ganz neues, reicheres Gefühl der Natur gegenüber, das hier als

wichtige, nicht zu übersehende psychologische Voraussetzung der Erneuerung der Wissenschaft vorausgeht. Nicht Zerstörung, sondern Veränderung ist es, in der der Quell alles irdischen Lebens beruht.

Aufs engste mit der bisher geschilderten Naturanschauung zusammen hängt nun die Stellung G. zum Problem der Unendlichkeit der Welt. Man weiss, wie sehr diese Frage, die uns nun zur Untersuchung der allgemeinen Bedeutung der copernicanischen Lehre für die gal. Wissenschaft führen wird, die Gemüter damals erregte. Auch hier war es Kepler (der sich immer noch, auch nach Aufgabe der Ansicht von der zentralen Stellung der Erde, gegen die Lehre Brunos von der Vielheit und Unendlichkeit der Welten wehrte, siehe Wohlwill, S. 289—95), der zuerst beim Bekanntwerden der astronomischen Entdeckungen G. (im „Nuncius Sidereus", 1610) in seiner „Dissertatio cum Nuncio Siderio" auf ihre Wichtigkeit für die alte Streitfrage hinwies; für die Entscheidung über die Wahrheit der Lehre Brunos, „philosophiae illius horridae, sei es sehr wichtig, dass die neuen Jupitermonde sich um den Planeten Jupiter und nicht um einen Fixstern bewegten (VII, 120). Wie tief und allgemein die Vorstellung von der Endlichkeit der Welt, über die ja auch Copernicus nicht hinausgegangen war, und der damit identischen Existenz eines Weltzentrums eingewurzelt war, zeigt z. B. auch der Brief G. an Jac. Mazzoni (30. V. 1597).

Es ist nun zuerst festzustellen, dass G., obschon er meines Wissens nirgends entschieden Stellung zugunsten der Unendlichkeit nimmt, infolge seiner prinzipiellen Vorsicht gegenüber allgemeinen Schlüssen und vielleicht aus begreiflicher Scheu vor dem Schicksal Brunos, dennoch insoweit die Grenzen des endlichen Weltalls gesprengt hat, dass er stets die Unmöglichkeit, die Frage zu entscheiden, sowie die Bedeutungslosigkeit eines Weltzentrums betonte. Ob das Universum endlich oder unendlich sei, „das, glaube ich, wird in den menschlichen Wissenschaften immer unentschieden bleiben" (VI, 529; s. a. VI, 518 u. 523); vom Weltzentrum, meint er, „wissen wir nicht, wo es ist, noch ob es ist, und wenn es auch existiert, so ist es nichts anderes als ein imaginärer Punkt und ein Nichts ohne jede Eigenschaft" (VII, 61).

Bei G. hat die Ansicht von der Unendlichkeit des Universums ihre wesentliche Bedeutung für seine Naturerkenntnis in Verbindung mit seiner oben dargestellten lebendigen Naturanschauung erst dadurch erhalten, dass er sie in Parallele

setzte zu der Unerschöpflichkeit alles Werdens in der Natur überhaupt, wie vor allem zu der Unabgeschlossenheit unseres Denkens in jeder Beziehung (ich verweise auch auf das Schlusskapitel sowie das Beispiel VI, 279 ff.). Aber es ist auch sogleich darauf hinzuweisen, worin G. an diesem Punkte über die Renaissance hinausgeht und sich als Vertreter des mathematisch-methodischen Geistes des 17. Jahrhunderts ausweist: darin, dass er nämlich trotz dieses unendlichen Stromes der sinnlichen Erscheinungen fest überzeugt ist von der Herrschaft einer ewigen Ordnung und Gesetzmässigkeit in all dieser Veränderung. Nur ist es eben eine Ordnung des Werdens, eine Dynamik, nicht eine Ordnung des starren Seins wie bei den Griechen, die, abgesehen von den Ansätzen bei Heraklit, Demokrit u. a., in der exakten Wissenschaft wenigstens nie über die Statik hinausgekommen waren. Dieses Bewusstsein einer gesetzmässigen Ordnung alles Naturgeschehens kommt schon klar zum Ausdruck in der ca. 1593 verfassten Schrift „Le Meccaniche"; sie will die Möglichkeit einer einheitlichen, zusammenhängenden, begreiflichen Auffassung der mechanischen Vorgänge und der Natur überhaupt nachweisen, unter Ausmerzung aller phantastischen, etwas Ungesetzliches, Willkürliches in die Naturerscheinungen hineinbringenden Anschauungen. Speziell wird die prinzipielle Frage des Nutzens der Maschinen erörtert. Dieser besteht für G. nicht darin, durch eine kleine Kraft die grössten Leistungen auszuführen (d. h. solche, die ihr nicht genau entsprechen), „in einem gewissen Sinne mit den Maschinen die Natur betrügend" (VII, 155), „ausserhalb der „Konstitution der Natur" (II, 156); er weist darauf hin, dass es nicht „unvernünftig" sei, wenn z. B. ein kleineres Gewicht einem grösseren das Gleichgewicht halte, indem die grössere virtuelle Bewegung den Unterschied des Gewichtes kompensiere. Der Nutzen der Maschinen besteht in der Ausnützung von Zeit, statt Kraft, in der Berücksichtigung spezieller Verhältnisse, der Ausnützung roher Naturkräfte etc.; nichts in ihnen widerspricht der „costituzione naturale" (II, 164), womit man die Natur betrügen könnte. Es ist mit einem Wort die Aufstellung eines wissenschaftlichen Naturbegriffs überhaupt.

Nach diesem ersten kurzen Hinweis auf die Bedeutung des Begriffs der Unendlichkeit für die gal. Naturwissenschaft und seine Ergänzung durch die Vorstellung der Gesetzmässigkeit des Naturgeschehens müssen wir nun noch etwas ausführlicher auf G. Kampf für das copernicanische Weltbild überhaupt eingehen, um in diesem Zusammenhang auch den Sinn jener Unendlichkeitsvorstellung ganz verstehen zu

können. G. spezifisch philosophische Bedeutung liegt sicher darin, dass er die exakte mathematische Naturwissenschaft begründete, und seine neue Methode, auf der diese Wissenschaft beruht, hat er vor allem in seiner Mechanik zur klassischen Anwendung gebracht. Dass dagegen seine astronomischen Schriften, vor allem der „Dialog", einen wesentlich anderen Charakter besitzen, ist nicht zu verkennen. Es ist schon sehr merkwürdig, dass G. die Forschungen Keplers, besonders seine drei berühmten Gesetze, auf denen doch die ganze exakte Astronomie beruht, völlig unbeachtet gelassen hat. Es ist ihm nicht gelungen, das System der astronomischen Bewegungen mit seiner allgemeinen Mechanik zu verbinden und auf ein einheitliches Grundprinzip zurückzuführen; der einzige derartige Versuch, die Fluterscheinungen auf Grund seiner mechanischen Prinzipien zu erklären, muss als misslungen betrachtet werden. Die Lösung jener Fundamentalaufgabe ist erst Newton gelungen, indem er alle terrestrischen und himmlischen Bewegungen unter das allgemeinste Gesetz der Gravitation zusammenfasste. So können, abgesehen von den an die Erfindung des Fernrohrs sich anschliessenden Entdeckungen, in Bezug auf die sachliche Förderung der exakten mathematischen Astronomie, G. Leistungen nicht mit denen Keplers oder Tycho Brahes verglichen werden; es ist wichtig, sich das zu vergegenwärtigen, um völlig klar darüber zu werden, wieso er doch mehr als irgendein anderer zum Sieg der copernicanischen Weltanschauung beigetragen hat. Der tiefste Grund hiervon ist, dass er als erster die Umwälzungen, die die copernicanische Weltanschauung in Wissenschaft, Philosophie und Religion hervorruft, in voller Klarheit ans Licht stellte; er ist, neben Kepler, aber diesen in dieser Beziehung durch die Klarheit der Auffassung wie der Darstellung weit überragend, der typische „philosophische Astronom"; so hat er sich selbst auch öfters bezeichnet.

Worin bestand der Grund des Einflusses, den in der Geschichte des menschlichen Denkens die Ansichten vom Bau des Universums und speziell die auch für uns noch massgebende Umwälzung derselben durch Copernicus auf die wissenschaftlichen, philosophischen und religiösen Anschauungen der Menschheit ausübten? Dass dieser Einfluss ein ganz ungeheurer war aus innersten, aus dem tiefsten Zusammenhang dieser Erkenntnisgebiete stammenden Gründen, dass die Art, wie sich der denkende Mensch die astronomischen Vorgänge zu einem sinnvollen Ganzen zu gestalten suchte, stets in innigstem Zusammenhang mit dem ganzen geistigen Leben stand, dafür sind ja die an die Entdeckungen G. sich anknüpfenden erbitterten Kämpfe nur ein Beweis; wir können hier jedoch

nur auf einige Hauptpunkte dieser interessanten Probleme kurz eingehen.

Der letzte Gegensatz, der den so mannigfach verschlungenen Kämpfen um die copernicanische Weltanschauung zugrunde liegt, die folgenreichste Konsequenz dieser Lehre war sicher die Vorstellung von der Unendlichkeit der Welt. Woher die Erbitterung der Gegner des neuen Weltbildes? Neben den religiösen dürfen wir auch die letzten ästhetischen Gesichtspunkte, die hier mitspielen, nicht übersehen. Für den Menschen und Künstler Bruno war die ungeheure Erweiterung des Horizonts das entscheidende Gefühlsmoment; Keplers Ansichten von der Harmonie des Universums forderten unbedingt einen endlichen Abschluss desselben; für die Durchschnittsauffassung der grossen Masse waren wieder andere Gründe massgebend. Hier scheint mir nun, ein Germane könne nie ganz verstehen, welche Bedeutung die Vorstellung eines in sich abgeschlossenen Weltgebäudes für die künstlerische Anschauung eines Romanen haben musste. Die gotischen Dome des deutschen Mittelalters verkörpern das Streben in ungeahnte Fernen; für den klassischen Stil der italienischen Renaissance ist die harmonische Abgeschlossenheit der Teile im ganzen das wesentliche Merkmal der künstlerischen Form. Das Wesen dieses „begrifflich“ schwer auszudrückenden Gegensatzes habe ich in überwältigender Weise empfunden, als ich den Eindruck des Kölner Domes mit demjenigen der wunderbar harmonischen Formen im Innern der schönsten Florentiner Kirchen verglich. Und diese Kunstformen hängen wiederum aufs engste zusammen mit dem religiösen Empfinden. „Es ist den romanischen Völkern eigen, das Reich der Religion körperlicher zu empfinden als uns möglich wäre“ (Grimm, Michelangelo, I, S. 173). Denken wir nur an das grandiose, so eindrücklich anschauliche Gemälde oder vielmehr Gebäude, das die Phantasie Dantes vor unsere Augen zauberte! Diese künstlerische Anschauung der religiösen Empfindungen ist wie jede andere nur in endlichen Formen möglich; im Unendlichen hört jede klare körperliche Vorstellung auf.

Den Rahmen dieser ästhetischen und religiösen Empfindungen sprengt nun die copernicanische Weltanschauung mit elementarer Gewalt, „eine Veränderung, so tiefgehend wie keine andere in der gesamten Kulturgeschichte“ (Windelband, Geschichte der neueren Philosophie, I, 5. Aufl., S. 55). Denn wenn auch Copernicus, Kepler u. a. noch vor dieser Konsequenz zurückschreckten: die neue Anschauung zog doch die Unendlichkeit als notwendige Folgerung nach sich; dafür hat besonders Bruno gekämpft. Die Konsequenzen für die Entwicklung der religiösen Vorstellungen, die Beziehungen zu den ver-

schiedenen pantheistischen Systemen (Cusanus, Bruno, Spinoza, Schleiermacher; die unendliche Welt und der unendliche Gott), all dies können wir hier nicht weiter ausführen. „Die ganze Stellung des Menschen im Universum musste auf Grund dieser Tatsachen in völlig neuem Lichte erscheinen“ (Windelband). Die Einzigartigkeit der Erde infolge ihrer Lage im Weltzentrum war vernichtet und damit auch die Bedeutung des christlichen Heilsdramas gefährdet, ein für die Stellung der Kirche entscheidender Punkt. Auch die Astrologie empfing durch die neue Lehre den Todesstoss; mit der Unmöglichkeit, alle astronomischen Vorgänge auf die Erde zu beziehen, schwand auch das Interesse an denselben. „Jedes Kind“ weiss heute, dass die Erde sich um die Sonne bewegt; aber die sachlichen astronomischen Kenntnisse, die Kenntnis der Gestirne etc., sind im allgemeinen geringer, die Astronomie ist zu einer völlig indifferenten, mathematischen Wissenschaft geworden.

Diese hier nur angedeuteten Gesichtspunkte bestimmten auch den Kampf G. für seine neue Weltanschauung. Einen ungleich grösseren Eindruck als z. B. Keplers Gesetze mussten auf das allgemeine Denken die teleskopischen Entdeckungen G. ausüben: die Jupitermonde, die Phasen der Venus, die erdähnliche Gestalt der Mondoberfläche, die Sonnenflecken etc., deren jede einzelne zu wichtigen Konsequenzen führte und ein Aufsehen in der gebildeten europäischen Welt erregten, von dem wir uns kaum mehr eine rechte Vorstellung machen können; die Erregung des Entdeckers jahrtausendealter Geheimnisse erzittert noch nach in G. Bericht im Nuncius Sidereus. Als Beispiel sei erwähnt, wie gleich die Auffindung der vier Jupitermonde die engen Räume des alten Weltbaues zu sprengen drohte, indem für deren Bewegungen innerhalb der Sphären des Mondes und der Sonne unmöglich mehr Platz war (s. den Brief des G. B. Manso an G., März 1610!). Jene letztere Entdeckung bezeichnete G. selbst als „das Auffinden einer andern kleinen Welt in dieser grossen Welt“ (XII, 325).

Mehr als irrig wäre nun die Meinung, G. hätte nur durch sein Fernrohr zu sehen brauchen, um all die neuen Erscheinungen zu beobachten und aus ihnen die richtigen Konsequenzen zu ziehen; abgesehen von den technischen und mathematischen Schwierigkeiten darf nicht übersehen werden, wie fremd und unmöglich immer noch auch den vertrautesten Freunden und Anhängern G., geschweige denn seinen übrigen Zeitgenossen, das copernicanische Weltbild erschien. Man war empfänglich für neue Gedanken; dass aber einzig und allein das copernicanische System eine die neuen Entdeckungen erklärende Theorie der astronomischen Vorgänge geben könne,

dass das die einzige wahre reale Konstitution des Universums sei, das zu beweisen und der weitesten Oeffentlichkeit begreiflich zu machen war die Riesenaufgabe, die sich G. gestellt. Das Werk des Copernicus erschien 90 Jahre vor G. Dialog, aber das System war in weiteren Kreisen noch fast unbekannt; und wenn G. einmal meint: „Von den zwei Systemen ist das eine weiss und das andere schwarz; wer nicht völlig blind ist, muss das weisse erkennen“ (VII, 545), so schreibt er anderseits an einen Freund: „Wie sehr täuschest du dich zu meinen, es sei der Masse ebenso leicht zu glauben, dass die Erde sich bewege und der Himmel stillstehe, als das Gegenteil zu glauben“ (VII, 562). (Kepler in seinem Brief vom 13. Oktober 1597: „Nicht allein deine Italiener können es nicht glauben, dass sie sich bewegen, wenn sie es nicht merken.“)

Für das Denken der Zeit bezeichnend sind einige Aeusserungen von Zeitgenossen zu G. Entdeckungen, die das Vorherrschen der teleologischen Gesichtspunkte deutlich erkennen lassen. Am interessantesten ist Keplers „Dissertatio“ (1610). Neue Welten, neue bewohnbare Himmelskörper sind entdeckt; welches ist unser Verhältnis zu ihnen? „Denn wenn jene Himmelskörper vornehmer sind, dann sind wir nicht die edelsten der natürlichen Geschöpfe“ (III, 122). „Und was nützen die Jupitermonde, wenn man sie nicht sieht? Wem nützen sie, wenn sich auf dem Jupiter keine Bewohner befinden, die diese bewundernswerte Mannigfaltigkeit betrachten könnten?“ Mit brennendem Interesse verfolgt Campanella aus seinem Kerker die glänzenden Erfolge G. und sucht dessen Energie auf den entscheidenden Punkt hinzulenken: „Alle Philosophen der Welt empfangen das Gesetz aus Eurer Feder, weil man in Wahrheit nicht philosophieren kann ohne ein wahres gesichertes System des Aufbaus der Welten, das wir von Euch erwarten.“ Mit Unwillen hat er die Schrift von den schwimmenden Körpern gelesen; diese Dinge sind für ihn „alles Einzelheiten, nichts weiter als Beziehungen“, in denen keine sichere Wahrheit zu finden ist. Die für die neue Philosophie entscheidenden Entdeckungen und Probleme liegen für Campanella auf astronomischem Gebiete; er scheint die Notwendigkeit der exacten mathematischen Grundlegung der neuen Naturwissenschaft, die allein durch eine Mechanik möglich war, nicht erkannt zu haben (XII, 31 ff). Auch er stellt ähnliche Fragen wie Kepler betr. die neuen Gestirne; „viel wäre zu disputieren über die Staatsform, in der ihre Bewohner leben, ob sie glücklich sind oder wie wir“ (XI, 22). Aus allen diesen Aeusserungen (s. a. die Bemerkungen G. II, 283 und III, 75) ersieht man, wie es sich hier nicht um rein theoretische wissenschaftliche Fragen handelte, sondern um

solche, die mit mächtigen allgemeinsten Gefühlen in Zusammenhang standen.

Schliesslich müssen wir noch kurz auf den Konflikt hinweisen, in den G. sehr gegen seinen Willen wegen seiner copernicanischen Ansichten mit der Kirche geriet (ich verweise in der umfangreichen Literatur vor allem auf die Schriften Wohlwills). Warum wurde gerade G. so verfolgt? Zur Erklärung können persönliche Momente, die Feindschaft der Jesuiten und peripatetischen Philosophen, in keiner Weise genügen, trotz einer interessanten Aeusserung des alten G. (XVI, 115); dass es um Grösseres ging, wusste er selbst. Aber auch seine spezifisch astronomischen Ansichten waren nicht der entscheidende Grund: das Werk des Copernicus erschien schon 1543, kam aber erst 1616 anlässlich G. Prozess auf den Index; Kepler kam ins Unglück als Protestant in katholischen Landen und infolge der Zeitverhältnisse, wird aber nie als Copernicaner verfolgt. Bei G. waren es seine Weltanschauung und seine Idee der Wissenschaft überhaupt, die ihn zum grössten Feind des Aristoteles wie der Kirche machten. Im Mittelalter herrscht im allgemeinen grosse Freiheit in den astronomischen Ansichten: der heilige Thomas hält die Frage über das richtige Weltbild noch für unentschieden; und noch Urban VIII. erklärte dem G. befreundeten Cardinal Hohenzollern betr. der copernicanischen Lehre, „dass die hl. Kirche sie nicht als häretisch verurteilt hätte, noch dies je tun werde, sondern nur als kühn (temeraria), dass aber nicht zu befürchten wäre, dass jemand je ihre notwendige Wahrheit beweisen würde“ (XIII, 182). Die mathematisch-astronomischen Theorien haben nach mittelalterlicher Ansicht die Himmelsbewegungen einfach geometrisch zu beschreiben, ohne Rücksicht auf ihre reale Möglichkeit; die heliozentrische Hypothese wird aus physikalischen, nicht aus religiösen Gründen verworfen. „Un seul point est considéré comme certain: le monde est fini. Cette opinion s'accorde non seulement avec la physique d'Aristote, mais avec la doctrine du salut“ (Reymond, a. a. O. S. 10). Copernicus und Kepler sind „finitistes convaincus“; und auch nach Bruno galt die copernicanische Lehre doch immer noch als blosse astronomische Hypothese, solange die aristotelische Physik bestand; die sinnliche Erfahrung der irdischen mechanischen Vorgänge schien jener durchaus zu widersprechen. „L'état des esprits en était là au moment où G. apparait. Par ses admirables experiences et par ses conceptions géniales sur la pesanteur, G. ruine au tout jamais la physique d'Aristote. Les anciennes hypothèses astronomiques perdent ainsi leur dernière base sérieuse; le système de Copernic trouve au contraire les vérités d'ordre expérimental

qui lui manquaient jusqu'alors, et la conception d'un monde infini peut s'appuyer avec vraisemblance sur des faits relevants de la physique" (Reymond, a. a. O. S. 13). Als philosophischer Physiker, der mit Hilfe seiner mathematischen experimentellen Methode die wahre reale Konstitution des Universums feststellen wollte und dabei die letzten Fundamente der bisherigen Weltanschauung umstürzte, ist G. verurteilt worden.

Es ist schliesslich noch von Interesse, wie sich G. gegen die Verfolgungen der Kirche zu schützen suchte. An seiner gut katholischen Gesinnung ist nicht zu zweifeln; von dem ungebrochenen Bewusstsein seiner Unschuld zeugt z. B. sein Brief an N. F. di Peiresc (XVI, 215); es war ihm klar, dass der Grund seiner Verfolgungen darin bestand, dass er „zahlreiche, schon seit vielen Jahrhunderten in den Schulen vertretene Irrtümer der Lehren aufgedeckt hatte" (XVI, 234). Die Art, wie er sein Hauptziel, die Wahrheit der copernicanischen Lehre zu beweisen, zu erreichen suchte, beschreibt er selbst so: „Die schnellste und sicherste Art, um zu beweisen, dass die copernicanische Lehre mit der Schrift nicht im Widerspruch steht, wäre, durch tausend Beweise zu zeigen, dass sie wahr ist und dass das Gegenteil auf keine Weise bestehen kann, so dass, da zwei Wahrheiten sich nicht widersprechen können, notwendigerweise jene und die hl. Schrift vollständig übereinstimmen müssen" (XII, 184). Die Gegner behaupten, seine Lehre sei falsch, weil sie der hl. Schrift widerspreche; er behauptet, sie widerspreche ihr nicht, weil sie wahr sei; begreiflich, dass dieser Streit nur durch Gewalt entschieden werden konnte. Das Universum, sagt er an einer andern Stelle (XV, 23), ist das Werk Gottes, die hl. Schrift sein Wort; warum soll unser Forschen eher mit dem Wort als mit dem Werk beginnen? Die Worte der hl. Schrift passen sich dem Fassungsvermögen der Menge an, die Werke der Natur nicht! Das ist auch der wesentliche Gedankengang des berühmten Briefes an die Grossherzogin Christine. In naturwissenschaftlichen Problemen muss man stets von sinnlichen Erfahrungen und notwendigen Beweisen ausgehen, nie von der Autorität: „die Natur ist unerbittlich und unveränderlich und überschreitet nie die Grenzen der ihr auferlegten Gesetze"; das, was Erfahrung uns lehrt, kann nicht von anderslautenden Stellen der Schrift in Zweifel gezogen werden, „denn nicht jedes Wort der Schrift ist an so strenge Bedingungen gebunden wie jede Wirkung der Natur" (V, 316).

Doch damit kommen wir bereits zu den Ansichten G. über Wesen und Methode der naturwissenschaftlichen Forschung, deren Darstellung Aufgabe der folgenden Kapitel ist. Was

aber in der Seele des Mannes, der diesen welthistorischen Kampf für die Freiheit des wissenschaftlichen Denkens führte, vorging, das können wir nur noch ahnen. Noch vor dem ersten Prozess (1616) schrieb er in dem erwähnten Brief: Um diese Weltansicht zu vernichten, genüge es nicht, einem einzelnen den Mund zu verschliessen; man müsste nicht nur alle Schriften des Copernicus und seiner Anhänger verbieten, sondern auch die ganze astronomische Wissenschaft, und dass die Menschen weiter gen Himmel schauen, wo sie so viele Zeugen dieser Ansicht erblicken in Mars, Venus etc.; „denn es wäre ein grösserer Schaden für die Seelen, sie eine Behauptung als bewiesen sehen zu lassen, während an sie zu glauben dann Sünde wäre“ (V, 328). Ein allgemeines Verbot der Wissenschaft aber wäre der grösste Widerspruch gegen die hl. Schrift, die uns lehrt, wie sich der Ruhm und die Grösse Gottes in der Natur offenbaren. Und auch mit dem blossen Ansehen der Natur sei es nicht getan, denn es bestehen hier so viele und tiefe Geheimnisse, die allein die Wissenschaft erforschen kann.

Ist der achtzigjährige Greis seinem Glauben untreu geworden? Kurz vor seinem Tode schreibt er an einen Freund, nach den Entscheidungen der hl. Schrift wie der theologischen Autoritäten dürfe die Falschheit des copernicanischen Systems in keiner Weise mehr in Zweifel gezogen werden. Die Lösung sieht er in der Allmacht Gottes, die auf unendliche Weise das bewirken könne, was wir nur auf eine begreifen. Freilich seien die Ansichten des Aristoteles und Ptolemäus noch viel falscher (XVIII. 314). Sein Schicksal muss nach einigen späteren Briefen ungeheuer schwer auf G. gelastet haben; in fast prophetischer Weise hat er die Bedeutung seines Kampfes in einer der Postillen ausgedrückt, die er an den Rand seines Exemplars des „Dialogs“ schrieb: „Was die Einführung von Neuigkeiten betrifft. Wer zweifelt daran, dass die neu eingeführte Absicht, die von Gott frei geschaffene Vernunft zum Sklaven des Willens eines anderen zu machen, geeignet sei, die schwersten Aergernisse (scandoli) hervorzurufen? Und zu wollen, dass einer seine eigenen Sinne verleugne und sie der Willkür eines andern hintanstelle! Und zuzulassen, dass die grössten Ignoranten in einer Wissenschaft oder Kunst Richter sein sollen über die Vernünftigen und durch die ihnen gewährte Autorität imstande sind, sie nach ihrem Sinn zu wenden! Das sind die Neuheiten, die die Republiken zu zerstören und umzustürzen vermögen!“ (VII, 540).

Capitel 2.

Begriff und Aufgabe der neuen Naturwissenschaft.

Unter den zahlreichen in Band VIII der Edizione nazionale zum erstenmal veröffentlichten Fragmenten und Notizen G. zu seinen mechanischen Untersuchungen, die für die Erkenntnis seiner typischen Denkungsart sehr aufschlussreich sind, findet sich die Bemerkung: „Auf den Titel meiner gesammelten Werke zu setzen: Hier wird man aus unzähligen Beispielen ersehen, welches der Nutzen der Mathematik ist für das Urteilen in den Wissenschaften von der Natur, und wie unmöglich es ist richtig zu philosophieren ohne die Führung der Geometrie, gemäss dem wahren Ausspruch Platos“ (VIII, 613). In diesem Wort, das G. der geplanten Ausgabe seiner gesammelten Werke voranzustellen gedachte, spricht er es also selbst aus, was er als das Charakteristische seiner wissenschaftlichen Leistung ansah; und seither ist öfter seine philosophische Bedeutung darin gesehen worden, dass er als der Begründer der spezifisch mathematischen Naturwissenschaft bezeichnet wurde. Daneben aber hat die moderne Naturwissenschaft bald mehr, bald weniger ausschliesslich und in sehr verschiedenem Sinne die sinnliche Erfahrung als ihre alleinige Grundlage bezeichnet; und bis auf unsere Zeit zieht sich die Controverse darüber hin, ob die Axiome der Mechanik und Mathematik als apriorisch notwendige oder als „empirische“ anzusehen seien. Unsere Aufgabe ist es nun, darzustellen, in welchem Sinne G. selbst die Aufgabe der Naturwissenschaft verstand, und welches (s. das folgende Cap.) die neuen Methoden waren, mit denen er sein Ziel zu erreichen suchte; wir werden dabei sehen, wie sich Aufgabe (Begriff) und Methode der neuen Wissenschaft aufs innigste entsprechen; beide werden von G. prinzipiell und in vollem Bewusstsein ihrer Tragweite neu gefasst.

Wir haben zuletzt dargestellt, welche Bedeutung der Streit um die copernicanische Lehre für G. Streben nach einer neuen Wissenschaft besass; wir müssen jetzt jedoch die Gesamtheit der gal. Forschungen und besonders seine mechanischen Untersuchungen in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen. Die Gegenüberstellung exacte gal. Naturwissenschaft — copernicanisches System einerseits und peripatetische Naturphilosophie — ptolemäisches System andererseits, war ja nicht von vorneherein gegeben; sie entstand erst dadurch, dass die beiden ersteren von den gleichen allgemeinen Gesichtspunkten aus mit denselben Methoden ihr Ziel zu erreichen suchten. Diese Prinzipien und Methoden der neuen Wissenschaft fanden ihre allgemeinste und zugleich präziseste und vor allem folgen-

reichste Formulierung in G. Mechanik; sie ist die Grundlage der exakten Physik und Naturwissenschaft überhaupt geworden. Um sie zu verstehen, müssen wir zuerst einen kurzen Rückblick auf die naturphilosophischen Ansichten der Scholastik werfen, wobei es sich für unseren Zweck allerdings weder um Vollständigkeit noch darum handeln kann, nachzuweisen, was an jener Wissenschaft rein aristotelisch und was spezifisch scholastischen Ursprungs war; wir stellen einfach kurz die Punkte zusammen, an deren Gegensatz sich vor allem die neue Wissenschaft entwickelte.

Man hat das Mittelalter die Schule genannt, in der die das alte römische Reich überflutenden germanischen Barbarenvölker durch sukzessive Aufnahme des antiken Bildungsstoffes zum Denken erzogen wurden. Diese Erziehung, die unter der Leitung der katholischen Kirche stand, kann aber wie jede rechte Schule auch als der Prozess betrachtet werden, in dem sich das wissenschaftliche Denken zur Selbständigkeit und Unabhängigkeit von der Autorität seiner Erzieherin emporrang. Die Philosophie (in dem damals gebräuchlichen erweiterten Sinne), deren Aufgabe erst nur darin bestand, das System der kirchlichen Dogmen vor der Vernunft zu rechtfertigen, erkämpft sich und der „weltlichen“ Wissenschaft überhaupt immer mehr das Recht der eigenen freien Entwicklung; da aber die kirchliche Scholastik, vor allem in ihrem Höhenpunkt, dem Thomismus, sich trotz der stets wieder offenbar werdenden Gegensätze aufs innigste mit der allerdings oft sehr missverstandenen aristotelischen Philosophie verbunden hatte, die auf weltlichem Gebiet nun dieselbe Autorität beanspruchte wie die Kirche auf geistlichem, „so kam es, dass die beginnende Opposition der Wissenschaft gegen die kirchliche Bevormundung sich am liebsten indirekt als eine Abschüttelung der Autorität des Aristoteles aussprach. Freiheit von der aristotelischen Philosophie, das war ein Losungswort, unter welchem sich Neuerer der mannigfachsten Richtungen zusammenfanden; aber der innerlichste Trieb, der in dieser Form sich äusserste, war derjenige der Befreiung der Wissenschaft von der Herrschaft der Kirche“ (Windelband). Den Kampf G. gegen die Autorität der von der Kirche „kanonisierten“ peripatetischen Naturphilosophie und seine Begründung der modernen exacten Naturwissenschaft haben wir als den letzten Akt dieser Emanzipation der Philosophie von der Theologie anzusehen.

Dieser Kampf nahm nun die mannigfachsten Formen an, je nachdem man dem scholastischen den „echten“ Aristoteles gegenüberstellte, oder indem man andere antike Systeme, besonders platonische und demokritische Gedankengänge, die

beide auch auf G. bestimmend eingewirkt haben, von neuem für die Wissenschaft fruchtbar zu machen, oder endlich eine ganz neue, von jeder Tradition freie und selbständige Wissenschaft überhaupt zu begründen suchte. „Agitatorisch“ am wirksamsten, in bezug auf die weiteste Oeffentlichkeit, waren sicher die gal. astronomischen Entdeckungen; der aus ihnen entspringende Sieg der copernicanischen Lehre hat der Scholastik den letzten entscheidenden Stoss versetzt. Das empfanden sofort sowohl G. selbst wie seine Gegner, „deren Philosophie merkwürdig verwirrt wird durch diese neue Konstitution des Universums“ (V, 99). Der Nachweis der Erdähnlichkeit des Mondes warf die ganze Lehre von der Unveränderlichkeit der himmlischen Regionen und ihrer prinzipiellen Verschiedenheit von den irdischen über den Haufen; der römische Philosoph J. C. La Galla erklärt z. B. in seinem Buche De phaenomenis in orbe lunae (Venedig 1612; abgedruckt III, 308 ff.) offen, dass mit der Annahme eines erdähnlichen Mondes die ganze peripatetische Philosophie zusammenbreche (s. auch VII, 122). In gleicher oder noch stärkerer Weise wirkte die Entdeckung der Sonnenflecken, die das edelste und heiligste Gestirn zu verunreinigen drohten, „diese unbequemen Flecken, gekommen den Himmel zu trüben, und noch mehr die peripatetische Philosophie“ (VII, 77).

Wenn man nun aber versuchen wollte, das Verhältnis der wissenschaftlich Gebildeten Italiens zur peripatetischen Philosophie, als deren „giudizio finale“ G. selbst seine astronomischen Entdeckungen in einem Briefe bezeichnete (XI, 311), so ca. um das Jahr 1600 festzustellen, so wären zu den verschiedenartigsten Urteilen Belege beizubringen. Gerade Padua, wo G. seine fruchtbarste Zeit (1592—1610, im letztern Jahre erschien der „Nuncius Sidereus“) verlebte, war stets die Hochburg des Aristotelismus in seinen verschiedenen Richtungen gewesen; G. Kollege, der Peripatetiker Cesare Cremonini, stand dort, als „die Ehre der Universität“, in höchstem Ansehen bei der Bevölkerung wie den Behörden der Signorie; daneben aber wird in den verächtlichsten Ausdrücken von der peripatetischen Philosophie gesprochen; „ich bin weder Peripatetiker noch verrückt“ schreibt Sagredo an G. (XI, 330). Vor allem hat G. selbst in seinen meisterhaft geschriebenen Dialogen den peripatetischen Philosophen für immer zu einer komischen Figur gestempelt (ähnlich wie Plato die Sophisten). Das entsprach anfänglich sicherlich nicht der allgemeinen Anschauung, wohl aber derjenigen des um G. als seinen Meister sich sammelnden Kreises, der jede seiner Entdeckungen als neuen Schlag gegen die Verteidiger des Alten begrüsste. Unter ihnen fehlten auch nicht mehrere gelehrte Angehörige der Kirche

(s. den Brief des Klerikers Altobelli X, 117 ff.); sie wie z. B. auch die wissenschaftlichen Bestrebungen des Collegium Romanun der Jesuiten zeigen, welch grosses naturwissenschaftliches Interesse teilweise auch in kirchlichen Kreisen vorhanden war; ich erinnere nur an die Kalenderreform des berühmten Paters Christ. Clavius, der auch mit G. in Beziehungen trat.

Wenn nun G. noch provoziert durch die Angriffe seiner Gegner, den Kampf gegen die Autorität der aristotelischen Philosophie auch für eine seiner Hauptaufgaben hielt, so legte er doch grossen Wert darauf, dass er hierin nicht missverstanden werde. Zuerst verwahrt er sich dagegen, den Aristoteles etwa nicht ebenso gründlich studiert zu haben wie seine Gegner; wenn er sich von den allgemein anerkannten peripatetischen Ansichten in irgend einem Punkte entferne, so geschehe das nicht aus Unkenntnis oder Unverstand, sondern weil er „stärkere Beweise und evidentere Erfahrungen" als seine Gegner habe (IV, 31). Den Beweis für seine gründlichen aristotelischen Studien besitzen wir jetzt in den erstmals im ersten Band der Edizione nazionale veröffentlichten Jugendschriften („Juvenilia" und „De motu"); dass er auch Plato und Democrit kannte, geht aus mehreren Stellen hervor (über sein Verhältnis zu Demokrit siehe die Schriften von Löwenheim, der aber nach der neuen Ausgabe mannigfach zu ergänzen wäre); es ist von Interesse, aus dem Brief an Jac. Mazzoni (30. Mai 1597), in dem er dessen mit grossem Interesse gelesenes Buch De comparatione Aristotelis et Platonis, Venetiis 1597, erwähnt, zu ersehen, dass er sich auch über den prinzipiellen Gegensatz zwischen den beiden Philosophen besonnen hat; doch spricht er sich nirgends über sein Verhältnis zur platonischen Philosophie näher aus, wie er überhaupt mehr als sparsam in der Erwähnung anderer Denker und Forscher und ihrer Leistungen ist; G. ist wie kaum ein zweiter stets seinen eigenen Weg gegangen und war sich dessen auch sehr bewusst.

Was G. an Aristoteles schätzte, geht aus einer gelegentlichen Bemerkung in den Discorsi (VIII, 138) hervor, wo er erklärt, er wolle die von vielen Philosophen als „dürr" (arida) angesehenen Pendelschwingungen nicht verachten, „dazu ermuntert durch das Beispiel des Aristoteles selbst, an welchem ich vor allem bewundere, dass er sozusagen keine einzige irgendwie der Beachtung würdige Materie übergangen hat, ohne sie zu erwähnen". Noch deutlicher präzisiert er am Ende seines Lebens (1640) seine Stellung in einigen Briefen an den Philosophen Fort. Liceti (damals in Bologna). Er protestiert dagegen, als Gegner der wahren peripatetischen Philosophie ausgegeben zu werden und begrüsst die Gelegenheit, sich von diesem Makel

reinigen zu können; denn wenn „jenes richtige Ueberlegen, Argumentieren und aus den Prämissen die notwendigen Schlüsse ziehen eine der in so bewundernswerter Weise uns von Aristoteles in seiner Dialektik gegebenen Lehren ist“, und wenn er nun andere aus Prämissen entgegen jenen Vorschriften falsche Folgerungen ziehen sehe und sie verbessere, „dann glaube ich mich mit Recht für einen besseren Peripatetiker halten zu können“ (XVIII, 234). Der wahre peripatetische Philosoph, meint er in einem der folgenden Briefe (XVIII, 247 ff.) ist derjenige, der nach des Aristoteles Anweisungen philosophiert, d. h. „mit jenen Methoden und mit jenen wahren Voraussetzungen und Prinzipien, auf denen die wissenschaftliche Ueberlegung (discorso) beruht“. In diesen rein logischen Vorschriften bestehe der ganze Inhalt der aristotelischen Dialektik, und ihr Zweck ist, „uns vorsichtig zu machen in der Vermeidung der Irrtümer des Discurses, indem er uns anweist und unterrichtet im richtigen Schliessen und aus den Voraussetzungen den richtigen Schluss zu ziehen; und diese Lehre bezieht sich auf die Form des richtigen Argumentierens. In dieser Beziehung glaube ich aus den unzähligen Fortschritten der reinen Mathematik, die nie täuschen, eine solche Sicherheit im Beweisen gewonnen zu haben, dass ich, wenn nicht nie, so doch sehr selten in meinen Schlüssen dem Irrtum verfallen bin. Bis hieher also bin ich Peripatetiker.“ Wir wollen aber, etwas vorgreifend, hier gleich anfügen, wie G. an dieser selben Stelle das formuliert, worin er sich von Aristoteles trenne. „Eine der sicheren Methoden zur Erlangung der Wahrheit ist die Voranstellung der Erfahrung vor jeder Ueberlegung, da wir sicher sind, dass in dieser, wenigstens versteckt, der Irrtum enthalten sein wird, während es unmöglich ist, dass eine sinnliche Erfahrung mit der Wahrheit im Widerspruch steht“; dieser Satz werde auch von Aristoteles hochgehalten und jeder Autorität vorangestellt. „Es ist kein Widerspruch, dass ein grosser Künstler die sichersten und vollendetsten Vorschriften in seiner Kunst besitze und dass er doch manchmal bei der Ausführung in irgend einer Einzelheit irre.“ Wenn er in einem Werke des Begründers einer Wissenschaft einen Fehler entdecke, müsse er dann, auf Grund der Autorität, jenes doch für richtig halten? „Dazu werde ich sicherlich meine Zustimmung nie geben.“ Auch Aristoteles würde seinen, G. richtigen Ueberlegungen zustimmen; während er den Himmel für unveränderlich hielt, weil er eben keine Veränderung an ihm bemerkte, so würde er jetzt, nach den gegenteiligen Erfahrungen, auch dem Gegenteil zustimmen. (Siehe auch Wohlwill S. 57.)

Es ist wohl an keinem andern Punkte für uns so schwer

die Leistung G. richtig zu würdigen, als bei diesem seinem Kampf gegen die aristotelische Autorität. Denn was er dagegen vorbringt, scheint uns jetzt alles so selbstverständlich, und erst wenn wir einen Blick in die umfangreiche Literatur seiner Gegner werfen, ahnen wir, dass es auch hier der Riesenleistung eines wirklich philosophischen Genies bedurfte, um dem wissenschaftlichen Denken wieder freie Bahn zu schaffen. In welchem Masse dieser Autoritätsglaube den Trieb zur freien Wissenschaft damals ertötet hatte, davon kann man sich kaum einen Begriff machen. In Aristoteles ist alles Wissen enthalten; „es ist kein Zweifel, dass wer diese Fähigkeit (die Texte des Aristoteles zu kombinieren) besitzt, aus seinen Büchern die Beweise alles Wissenswerten herausholen kann, denn in jenen ist alles enthalten“ (ibidem). Das war der Tod jeder lebendigen Wissenschaft! Im Kampf gegen diese dunkle Macht stellte sich auch Kepler entschieden auf G. Seite „gegen die trägen Zensoren des Neuen, denen unglaublich, was unbekannt, profan und unheilvoll, was jenseits der gewohnten Grenzen der aristotelischen Enge“ (III, 107).

Der historischen Autorität stellt G. die Autorität der Erfahrung und der Vernunft gegenüber: „Authoritatem Aristotelis cum authoritate naturae in lance reponere volo“ (III, 394; s. auch IV, 81). Es hat keinen Sinn durch viele Zeugen zu beweisen, was ich jederzeit durch die Erfahrung prüfen kann. „Zeugen werden angehört in zweifelhaften, vergangenen und nicht dauernden Dingen, und nicht in jenen Fällen, die noch wirklich und gegenwärtig sind; so ist es nötig, dass der Richter durch Zeugen zu erfahren suche, ob es wahr ist, dass gestern Pietro den Giovanni geschlagen hat, nicht aber ob Giovanni geschlagen wurde. da er das ja stets sehen und sich durch den Augenschein selbst überzeugen kann“ (VI, 339). Die Wahrheit ist gleichsam eine Sache der Qualität, nicht der Quantität; wenn das Lösen eines Problems dem Tragen von Gewichten entspräche, analog der Tatsache, dass viele Pferde mehr Säcke tragen können als ein einzelnes, dann stimmte es, „dass die vielen Ueberlegungen mehr vermöchten als eine einzelne; aber das Ueberlegen ist wie das Laufen und nicht wie das Tragen, und ein einziges Berberross wird im Rennen hundert friesische Gäule überholen“ (VI, 340). Die Wahrheit und unsere körperlichen und geistigen Augen dürfen unsere alleinigen Führer in Philosophie und Wissenschaft sein; ohne das fleissige Studium des Aristoteles zu vernachlässigen, dürfen wir seine Worte doch nicht blindlings hinnehmen, „ein Missbrauch, der eine andere äusserste Verwirrung zur Folge hat und bewirkt, dass man überhaupt nicht mehr versucht, die Kraft seiner Beweise wirklich zu verstehen“ (VII, 138 ff.). Damit hat G. den Finger

auf den wunden Punkt gelegt, an dem die Autorität jeder Wissenschaft zum Verhängnis werden muss, da sie den Trieb zur Wahrheit an sich als Endzweck aller Forschung ertötet.

Wir müssen hier wenigstens kurz noch die Frage streifen, welches die eigentlichen Gründe dieses autoritativen Charakters der peripatetischen Schulphilosophie waren. „Es sind seine Nachfolger, die diese Autorität dem Aristoteles verliehen haben, und nicht er selbst hat sie sich angemasst“ (VII, 137), meint G. selbst. Das ist zum Teil richtig; in erster Linie verlieh die Verbindung der peripatetischen Philosophie mit der katholischen Kirche (ähnlich wie später diejenige mit der protestantischen Dogmatik durch Melanchthon) der ersteren ihre mächtige Autorität, und diese Entwicklung wurde noch wesentlich erleichtert durch die allgemeine „schülerhafte“ Unselbständigkeit des Mittelalters in wissenschaftlicher Beziehung. Aber anderseits scheint mir jene Eigenschaft doch auch im ursprünglichen Wesen der aristotelischen Philosophie begründet zu sein; in ihrem Anspruch auf Vollständigkeit, in ihrem prinzipiell deduktiv-rationalen Charakter, und endlich vielleicht auch in der formalen Art ihrer Ueberlieferung durch „Lehrbücher“ mit spezifisch pädagogischen Zwecken, wobei das Wesen der Erkenntnis als nie fertiger Aufgabe in den Hintergrund gedrängt wurde.

Nach diesen Vorbemerkungen müssen wir nun versuchen den Punkt klarzulegen, an dem der eigentliche Gegensatz zwischen der alten und der neuen Wissenschaft als solcher entspringt, um hieraus dann die Bedeutung der verschiedenen Bausteine der gal. Naturwissenschaft in ihrem organischen Zusammenhang richtig würdigen zu können. Die Entwicklungslinie des neuzeitlichen philosophisch-wissenschaftlichen Denkens ist von ihrem Ursprung an über Descartes bis auf Kant und seine Nachfolger wesentlich von dem Gegensatz Rationalismus-Empirismus bestimmt; die Verbindung der aus diesen Gegensätzen entspringenden Gedankengänge ist auch das Problem der gal. Wissenschaft und ihre prinzipiell neue eigentümliche Lösung die historische Leistung G. Schon bei dem aristotelischen Versuch des Aufbaues einer Wissenschaft von der Natur tritt dieser Gegensatz in seiner Urform zutage; während Aristoteles einerseits in seiner Kritik der platonischen Ideenlehre betont, dass das Einzelne das einzig wirkliche, eine „Substanz“ sei, und dass darum alles sachliche Wissen nur auf der sinnlichen Wahrnehmung dieses Einzelnen, d. h. auf der Erfahrung beruhen könne, führt er andererseits in seiner metaphysischen Trennung alles Seins in Stoff und Form die

letztere als die eigentliche Wirklichkeit jedes Dinges ein, und erklärt damit entsprechend, dass nur sie als das Notwendige und Unveränderliche den Gegenstand des Wissens bilden könne. Und wie schon bei Aristoteles selbst die letztere Auffassung den Charakter seiner Philosophie in übermächtiger Weise bestimmte, so drängte sie auch später, und immer vollständiger, jeden Empirismus in der peripatetischen Philosophie zurück. Wenn einerseits das von Aristoteles in den organischen Naturwissenschaften gesammelte Material und dessen einheitliche Zusammenfassung unter das Prinzip der Entwicklung Bewunderung erregen muss, so trifft doch, soweit in Betracht kommt, was er über die astronomischen, physikalischen und besonders mechanischen Vorgänge mitgeteilt hat, der Ausspruch Zellers viel weniger zu, der Aristoteles einen „Beobachter ersten Ranges, hervorragend durch die ausgebreitetste Naturkenntnis und die eindringendste Naturforschung" nennt; ich erinnere nur an die Theorie, dass die Fallgeschwindigkeit proportional dem Gewichte sei, dass also eine Eisenkugel von 100 Pfund hundert Mal schneller falle als eine solche von 1 Pfund, etc., Aeusserungen, die fast 2000 Jahre nachgesprochen wurden und doch sofort als falsch hätten erkannt werden müssen, wenn nur das geringste Bedürfnis vorhanden gewesen wäre, die Theorie mit der realen Wirklichkeit durch Versuche zu vergleichen.

Wenn wir diese Stellung des Aristoteles der sinnlichen Erfahrung gegenüber objektiv darstellen wollen, ohne doch die Bedeutung seiner Naturphilosophie zu verkleinern, so werden wir Wohlwill zustimmen, der hiezu erklärt (I, S. 52): „Man wird einem der grössten Denker aller Zeiten nicht in vorwurfsvollem Sinne den Mangel dessen deuten dürfen, was uns der einfache Menschenverstand nahezulegen scheint, was aber ohne Zweifel auch für uns die Frucht geschichtlicher Entwicklung ist." In einem gewissen Sinne kann allerdings Aristoteles mit Recht behaupten, dass er seine Naturwissenschaft auf die Erfahrung gründe; aber erstens beschränken sich die „Erfahrungstatsachen", auf denen er seine Wissenschaft aufbauen will, auf die primitivsten Erkenntnisse, z. B. dass in der Natur „einiges bewegt sei"; dann ist von einer Prüfung und Kritik der Erfahrung, etwa im Sinne eines Experiments, keine Rede; und schliesslich hat der teleologische Grundzug seiner Metaphysik, nach dem „nur in der Zurückführung auf Zweckursachen die wahrhaft wissenschaftliche Ergründung des Naturzusammenhangs gefunden werden kann" (Wohlwill a. a. O.), eine unbefangene kausale Erforschung und Erklärung der physikalischen Vorgänge für ihn selbst wie noch viel mehr für seine Anhänger fast unmöglich gemacht. So konnte z. B. der

Paduaner Philosoph Cremonini den aristotelischen Satz, dass die Sinneserfahrung den Grund der Erkenntnis bilden müsse, vortrefflich nennen und doch zugleich die Beobachtungen seiner Zeitgenossen mit Geringschätzung übergehen; er wie andere Peripatetiker weigerte sich, durch das gal. Fernrohr zu sehen. Das waren „jene die, um nicht glauben zu müssen, nicht sehen wollen", wie sie G. nennt (XI, 326); und die peripatetischen Philosophen jener Zeit hatten es ja auch gar nicht nötig zu „sehen", da für sie in dem System des Meisters alles Wissen enthalten war oder logisch aus ihm entwickelt werden konnte, und zudem die Autorität des „Filosofo" jeden Zweifel erstickte. Die „wissenschaftliche Moral" war so tief gesunken, dass man unangenehme Tatsachen einfach leugnete oder ihre Prüfung verweigerte; immer wieder tauchte der wahnwitzige Versuch auf, die grossartigen teleskopischen Entdeckungen G. als „Täuschung und Betrug der Kristalle (Linsen)" zu verdächtigen (VII, 364; siehe auch G. Brief an Kepler X, 423).

Im Gegensatz zu dieser Stellung der peripatetischen Naturphilosophie der sinnlichen Erfahrung gegenüber hat man G. den Begründer der empirischen Methode der Naturforschung genannt. Der Ausdruck scheint mir das eigentliche Wesen des Neuen nicht zu treffen. Die scheinbar so einfache und naheliegende Erkenntnis, dass eine wirkliche Wissenschaft von der Natur nur auf der objektiven Beobachtung dieser Natur selbst beruhen könne, ist nicht eigentlich eine „Methode", sondern eher ein „Erlebnis". Dieses Erlebnis besteht in der Gewinnung eines unmittelbaren Verhältnisses zur Natur, in einer neuen lebendigen Anschauung derselben, wie wir es im ersten Kapitel darzustellen suchten; es geht hervor und beruht auf einem ursprünglichen Bedürfnis nach sachlicher Wahrheit in unserem Wissen von der Natur und auf der Erkenntnis, dass diese Wahrheit niemals in den logischen Deduktionen der scholastischen Begriffswissenschaft gefunden werden konnte. Dieser Trieb nach neuer Wahrheit ist es, der die Entstehung der neuen Naturwissenschaft mit der allgemeinen Kulturbewegung der Renaissance verbindet. G. ist nur der Schlussstein dieser Entwicklung, derjenige, der diese Anschauung wissenschaftlich fruchtbar machte; aber ihr Entstehen und Wachsen können wir verfolgen von Gerbert an, der auf die Notwendigkeit mathematischen und naturwissenschaftlichen Studiums hinwies, über Roger Baco, bis sie in den italienischen Naturphilosophen immer stärker und klarer wurde. Man ahnte, dass eine Erneuerung der Wissenschaft von einer gründlichen Beobachtung der Natur ausgehen müsse; diese Bestrebungen waren zuerst am erfolgreichsten in der Medizin, wo die Autorität des Galen von Vesal durch die praktische Anatomie

bekämpft wurde. In Padua entstanden anatomische und klinische Institute, dort wurde auch im 16. Jahrhundert der erste botanische Garten in Europa angelegt; mächtig wirkte die scharfe medizinische und mathematische Beobachtung Cardanos. Auch spezielle Vorläufer G. in der mathematisch-mechanischen Wissenschaft kennen wir, vor allem den Venezianer G. B. Benedetti und G. del Monte. Worin die erste Voraussetzung all dieser Bestrebungen lag, drückt G. selbst einmal klar aus; er meint, um das Buch Gilberts „De magnete" (1600) richtig würdigen zu können, sei es nötig, „dass eine Neugierde ähnlich der meinen und die Erkenntnis, dass unendlich viele Dinge in der Natur dem menschlichen Verstand unbekannt bleiben, eurer Ueberlegung die Zügel lockere und die Untätigkeit und den Widerstand eurer Sinne erweiche, so dass sie sich nicht jeweils weigern, ihr Ohr bisher noch nie gehörten Stimmen zu leihen". (VII, 426.)

Was ferner die selbständigeren Denker des ausgehenden Mittelalters und der Neuzeit stets wieder über die scholastische Begriffswissenschaft hinaustrieb, das war besonders auch die sachliche Inhaltlosigkeit derselben. Der Umfang wie die formale Durchbildung und Schärfe der dialektischen Disputationen des Mittelalters standen in einem fast lächerlichen Verhältnis zu ihren sachlichen Kenntnissen. Mächtige Folianten wurden über die Bewegung geschrieben, so von dem Pisaner Philosophen Buonamico mehr als tausend Seiten „De motu"; aber die Kenntnisse über die Gesetze der in der Natur wirklich vorkommenden Bewegungen waren fast gleich Null, so dass G. mit Recht seine Theorie der Bewegung mit den stolzen Worten einleiten konnte: „De subiecto vetustissimo novissimam promovemus scientiam" (VIII, 190).

Die Disputationen über die Erscheinungen der Natur und ihre Gesetze hingen schliesslich vollständig in der Luft, ohne jede Berührung mit dem eigentlichen Objekt ihrer Untersuchung. In Padua wurden z. B. für dasselbe philosophische Fach ständig zwei Professoren angestellt, der eine ausdrücklich als „Antagonist" des andern, um durch diese künstlich hervorgerufenen Disputationen den Eifer der Gelehrten wach zu halten; zu was für Zuständen das führen musste, dafür ist eine von G. (VI, 228) berichtete Anekdote bezeichnend. Es kam mit einem Wort nicht mehr auf die sachliche, sondern nur noch auf die formallogische Wahrheit an, und dies hatte natürlich seine entsprechende Wirkung auf den Charakter der ganzen Wissenschaft überhaupt.

Wenn nun auch vor und neben G. eine ganze Reihe italienischer Naturphilosophen sich ebenfalls gegen die alte Natur-

philosophie wandten, so ist doch zu bemerken, dass sie erstens nichts entsprechend Leistungsfähiges an deren Stelle zu setzen vermochten, und dass sie zudem, so viel wir sehen, auf G. kaum von irgendwie bemerkbarem Einfluss gewesen sind. G. Leistung war es eben, dass er zuerst sowohl durch seine astronomischen Entdeckungen wie in seiner Mechanik dem stolzen, in sich abgeschlossenen Gebäude der peripatetischen Wissenschaft etwas Ebenbürtiges gegenüber zu stellen wusste. Das, was jenem seine Festigkeit gab, weshalb es aber auch an der Lösung seiner Aufgabe schliesslich scheitern musste, das war sein teleologisch-rationaler Charakter. Die Erklärung der physikalischen Vorgänge aus ihren Zwecken kann nie auf empirischem Wege, sondern nur durch logische Konstruktionen geschehen. Hier tat G. den entscheidenden Schritt, indem er (Mach, Mechanik, S. 129) nicht mehr fragte: Warum fallen die Körper? sondern: Wie fallen sie? Das hat ihm Descartes zum Vorwurf gemacht, indem er an Mersenne schrieb: „Pour ce qu'a écrit G. touchant la balance et le levier, il explique fort bien quod ita sit, mais non pas cur ita sit, comme je fais par mon principe“ (XVII, 403). Die ganze scholastische Wissenschaft von der Natur war im wesentlichen auf rationale Prinzipien a priori aufgebaut. „Jede Bewegung ist entweder natürlich oder gewaltsam oder natürlich-gewaltsam, d. h. gemischt, wie sich das zeigt bei der Abwärtsbewegung der Wage“ notiert auch Lionardo in sein Tagebuch (Ravaisson, p. 11). Weitere solche Prinzipien waren die Endlichkeit der Welt, die Kreisförmigkeit der Bahnen der Gestirne, die prinzipielle Trennung der Welt in die irdische und himmlische Region; dann methodische Prinzipien: Es geschieht nichts in der Natur durch vieles, was mit wenigem geschehen kann (La Galla); ein jedes besteht aus demjenigen, in dem es sich befindet (Wohlwill I, S. 57); gegen die dreifache Erdbewegung wird angeführt, dass für einen einfachen Körper eine einzige einfache Bewegung die natürliche sein könne (VII, 424). Auf Grund dieser allgemeinen Prinzipien wurde dann darüber disputiert, „quid sid objectum totius Physicae“, über universum, elementa etc. (wofür die Jugendschriften G. sehr bezeichnend sind); man untersuchte die Eigenschaften der Gegenstände „per se oder per accidens; proprie vel improprie, absolute vel respective, simpliciter“, etc. (IV, 299). Dass bei dieser Erklärung von materiellen Wirkungen durch rationale Ursachen die Willkür sofort herrschen muss, ist klar; in derselben Abhandlung ist einmal die „contrarietà“ zwischen mobile und medium und dann wieder ihre „similitudine et amicizia“ die Ursache der Schnelligkeit; aber nur um so stärker glaubte man daran: „Unser Colombo ist seiner Sache so sicher, dass

er sich nicht scheut zu behaupten, Gott hätte etwas Ungereimtes gemacht, wenn die Erde sich bewegte“ (III, 284).

Die Welt dieses Rationalismus war trotz der Beseelung der Himmelskörper kalt und tot; dass die ewig unveränderlichen Gestirne das ganze Leben auf dieser Erde in seiner unendlichen Mannigfaltigkeit erzeugen und bestimmen sollen, das scheint G. nicht unsinniger, „als neben die Braut eine Statue von Marmor zu legen, und aus dieser Vereinigung einen Nachkommen zu erwarten“ (VII, 84).

Es ist hier der Ort, kurz darauf hinzuweisen, dass auch bei G. selbst diese alten Anschauungen und Prinzipien nie ganz verschwunden sind; das gilt auch noch für sein letztes und wissenschaftlich reifstes Werk, die „Discorsi“. Seine ganze wissenschaftliche Erziehung in Pisa geschah ja auf Grund der scholastischen Wissenschaft; durch seine selbständigen mathematischen Studien, besonders des Archimedes, gelang es ihm über jene hinauszukommen. Für seine oportunistische Anpassung an die herrschenden Ansichten ist es bezeichnend, dass er während seiner mehr als zwanzigjährigen akademischen Tätigkeit in Pisa und Padua (also vor 1610) nie öffentlich gegen die scholastische Philosophie auftrat. Der in Band 2 abgedruckte „Trattato della Sfera ovvero Cosmographia“ (zirka 1600) steht sachlich wie methodisch noch ganz auf dem alten Standpunkt, obschon G. längst die Grundlagen seiner neuen Wissenschaft gewonnen hatte (s. II, 213); wie z. B. aus seinem Briefwechsel mit Kepler hervorgeht, vermied er so lang wie möglich, aus Scheu vor den doch unvermeidlichen heftigen Kämpfen, den offenen Bruch mit der offiziellen Philosophie. Er musste als Mathematiker speziell auch die Mediziner in der Astrologie unterrichten sowie selbst astrologische Gutachten abgeben; die wunderliche Mischung von schärfster wissenschaftlicher Beobachtung mit astrologischem Aberglauben, die uns dabei ähnlich wie bei Cardano entgegentritt, ist sicher eine der merkwürdigsten Erscheinungen in der Geschichte der Wissenschaften.

Doch wichtiger als diese nur aus oportunistischen Rücksichten gemachten Konzessionen, deren Widersprüche G. selbst einsah, ist der Nachweis rationalistischer und teleologischer Anschauungen bei G. selbst (s. VII, 428 und IV, 50). An die alte Unterscheidung von natürlichen und gewaltsamen, übernatürlichen Bewegungen erinnert z. B. eine Stelle in den Discorsi (VIII, 278 ff.), wo G. erklärt, dass die Bewegung der mit grosser Kraft geschleuderten Artilleriegeschosse kaum seinen eigenen Wurfgesetzen folge; denn sie erscheint ihm „übernatürlich“, da ein frei fallender Körper infolge des Luftwiderstandes nie eine entsprechende Geschwindigkeit erlangen könne:

aber er hütet sich allerdings wohl, aus dieser Bemerkung weitere Folgerungen über die metaphysische Natur der Bewegung zu ziehen. Der gemeinsame Sinn aller dieser Versuche ist, die Bewegung zu erklären auf Grund von qualitativen Eigenschaften der Materie; so wenn er z. B. meint, der niedere Teil der Athmosphäre werde der Erdrotation um so leichter folgen, weil er viele irdische Dämpfe enthalte, „Materien, die alle an den irdischen Eigenschaften teilhaben und infolgedessen durch ihre Natur zu denselben Bewegungen befähigt sind." (VII, 465). Diese Deutung der Bewegung spielte besonders eine Rolle bei der Erklärung des freien Falles, der von Aristoteles als eine Bewegung der Körper „an den ihnen natürlichen Ort" aufgefasst wurde; der Ort der schweren Körper ist das Weltzentrum, der der leichten die Fixsternsphäre; die Körper besitzen prinzipiell eine bestimmte gravitas oder levitas. Diese Auffassung sehen wir nun in interessantem Kampf in G. Abhandlungen „de motu" (zirka 1590); für die Bewegung der schweren Körper im Wasser werden die Begriffe der levitas sowohl wie des spezifischen Gewichts benutzt; G. ist hier noch der Ansicht, dass alle Körper „ad propria loca moveantur" (I, 252) und dass dies für die schweren das Erdzentrum, für die leichten der weite Raum sei; aber er fragt nun, warum dies ihr natürlicher Ort sei. Nach den alten Philosophen habe es einfach Gott so gefallen; er will nun aber auf Grund von Ansichten anderer „älterer Philosophen", womit offenbar auch Demokrit gemeint ist, eine Erklärung geben. Da nach jenen „die Materie aller Körper nur eine sei", und die schweren Körper jene sind, die ihre „particulas" auf engerem Raum zusammenpressen als die anderen (eine offenbar atomistische Anschauung), so sei es auch natürlich, dass jene in die Nähe des Erdzentrums gehören, denn „um so enger sind die Orte in den Sphären, je näher wir zum Zentrum kommen". Das Beispiel bietet ein merkwürdiges Gemisch von qualitativen und quantitativen Betrachtungen; die einheitliche Auffassung des ganzen Naturgeschehens, die keinen Unterschied mehr macht zwischen natürlichen und gewaltsamen Bewegungen, die physikalischen Vorgänge statt auf mathematisch nicht fassbare Qualitäten (die nur die Unfähigkeit, den Vorgang wirklich zu beschreiben und zu erklären, verdecken sollen) allein auf exakt quantitative mechanische Gesetzmässigkeiten zurückführt, ist noch nicht erreicht.

Diese Hemmungen, die wir selbst bei G. noch konstatieren können, sowie die vielen mehr oder weniger fruchtlosen Versuche seiner Vorgänger geben uns einen Begriff von den Schwierigkeiten und Widerständen, die der Entstehung der neuen Wissenschaft sowie ihrer klaren Erkenntnis als Synthese

von Experiment und Mathematik entgegenstanden. Der Ruf nach einer auf die Erfahrung begründeten Wissenschaft der Natur war in der Renaissance mit höchster Energie aufgenommen worden, vor allen anderen von einem Telesio, Bruno und Campanella; aber es ist für die Erkenntnis der gal. Leistung vielleicht nichts so bezeichnend als zu sehen, wie jene Männer trotz aller energischen Betonung der „Erfahrung" doch keinen festen unverrückbaren Ausgangspunkt für ihre Wissenschaft finden konnten, und, ohne den notwendigen Ballast einer klaren Methode bald von ihrer metaphysischen Phantasie in nebelhafte Fernen emporgetragen, nicht imstande waren, „dauernde Leistungen von wissenschaftlicher Sicherheit hervorzubringen; dies war erst der sehr viel nüchternen Forschung beschieden, welche den Sinn für die Erfahrung, den Telesio gepredigt hatte, nicht durch begriffliche Dichtungen und glückliche Einfälle, sondern durch die mathematische Theorie ergänzt". (Windelband I, 88).

Die philosophische Bedeutung der neuen Naturwissenschaft wird uns zuerst klar, wenn wir uns des Einflusses erinnern, den sie auf die Entwicklung der neueren Philosophie seit der Renaissance ausgeübt hat. Aus dem Ringen nach einem neuen Wissen und einer neuen Kultur ging die gal. Wissenschaft von der Natur als erstes sicheres und unumstössliches Ergebnis hervor, und diese ihre Entwicklung ist für die neuere Philosophie, die sich hauptsächlich nach erkenntnistheoretischen und methodologischen Gesichtspunkten orientierte, von entscheidendem Einfluss gewesen. Dabei ist aber schon sehr früh bald das eine, bald das andere ihrer Elemente als das wesentliche angesehen worden. Während das methodische Bestreben Bacons bei seiner Wissenschaft von Natur allein darauf hinaus ging, die sinnliche Wahrnehmung möglichst von allen durch menschliche Spekulation, Gewöhnung und Neigung in sie hineingetragenen Schlacken zu reinigen, griff Descartes das in der Mathematik liegende deduktiv-rationale Element als das für jede wahre Wissenschaft grundlegende methodische Erfordernis heraus, ein Programm, das dann in dem System Spinozas in seiner vollen Konsequenz durchgeführt wurde. Von diesen beiden Punkten aus ziehen sich die beiden grossen Grundlinien der Entwicklung der modernen Philosophie, in mannigfacher Beziehung und stets mit demselben nie erreichten Ziel, für die Philosophie dieselbe organische Synthese des empirischen und rationalen, induktiven und deduktiven Elementes von Natur und Vernunft zu finden, wie sie G. und Newton für die spezielle Aufgabe der mathematischen Naturwissenschaft in ihrer klassischen Form gefunden hatten. Die sukzessiven Einwirkungen der Naturwissenschaft auf die

Entwicklung jener zwei Grundtendenzen des philosophischen Denkens können wir hier nicht weiter verfolgen; wir haben nur festzustellen, dass seit G. in der Naturwissenschaft die quantitative über die qualitative Betrachtungsweise restlos gesiegt hat; die Betrachtung der Dinge wird ersetzt durch diejenige der Beziehungen, die Substanz durch die Funktion (s. dazu besonders Cassirer: Erkenntnisproblem; ferner Substanzbegriff und Funktionsbegriff). Aber ist dieser Sieg des demokritisch-gal. Prinzips, nach Cassirer ein „Wendepunkt, an dem sich die Zeitalter scheiden" (Erkenntnisproblem I, S. 399) ein endgültiger? Oder bestehen nicht vielleicht in unserer Vernunft jenem widerstrebende notwendige Triebe und Bedürfnisse, die sich stets wieder bemerkbar machen? Das seit der Renaissance bedeutendste Beispiel ist die aus dem „System der Vernunft" des deutschen Idealismus hervorgegangene Naturphilosophie (Schelling und Goethe). In ihr sucht die wieder zu kräftigem Leben gelangte spekulative Vernunft über die nur quantitativ mechanische Naturansicht hinaus zu einer rationalen Erkenntnis der qualitativen Welt zu gelangen. Aber dadurch, dass diese Versuche eine nur sehr geringe Wirkung auf die eigentliche Wissenschaft ausübten, scheint das Problem noch nicht endgültig entschieden zu sein; sind jene beiden Prinzipien oder Ideen berechtigte Bedürfnisse der menschlichen Vernunft, dann hat auch unsere moderne Naturwissenschaft noch nicht die der ganzen Wirklichkeit völlig gerecht werdende Form gefunden, nicht extensive, sondern intensive; dann „sind die Akten für den Streit, der seit Demokrit und Plato die Geschichte der Naturauffassung erfüllt, auch heute noch nicht geschlossen. Der Reduktion des Qualitativen auf das Quantitative, die unter der Fahne der Mathematik siegreich vordringt, ist immer wieder jenes Bedürfnis entgegengetreten, welches hinter den Bewegungen im Raume eine sinnvolle vernünftige Wirklichkeit sucht" (Windelband, Lehrbuch S. 502).

Noch aber stehen wir unter der vollen Herrschaft der durch G. inaugurierten Epoche; ihre prinzipiell radikalste Formulierung hat ihre Anschauung in den wesentlich vom Positivismus Comptes beeinflussten modernen Klassikern der Mechanik, Mach, Kirchhoff und Hertz gefunden; die Naturgesetze sind als „allgemeine Tatsachen" ebenso wie die einzelnen Vorgänge nur zu beschreiben; nach Hertz handelt es sich nur darum, das „adaequateste Bild" der mechanischen Erscheinungen zu bestimmen, unter Elimination der Begriffe der „Kraft" und der Ursache, denen eine nicht zu überwindende „Unklarheit" anhaftet. „Die Mechanik ist die Wissenschaft von der Bewegung; als ihre Aufgabe bezeichnen wir, die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf

die einfachste Weise zu beschreiben.“ (Kirchhoff, Mechanik S. 1.)

Die Wurzeln dieser Anschauung in der Wissenschaft G. aufzuzeigen, ist nun unsere Aufgabe.

Welches ist nach G. die Aufgabe der Naturwissenschaft? Eine erschöpfende Antwort gibt er selbst am Anfang seines dritten Briefes über die Sonnenflecken, wo er die Frage aufwirft, wie weit es uns möglich sei, eine klare und sichere Erkenntnis von diesen seine Zeitgenossen aufs tiefste erregenden Entdeckungen zu gewinnen (V. 187 ff.). Trotz den ungeheuren Entfernungen brauchen wir nicht zu verzweifeln, wenn wir uns nur vollständig klar darüber sind, was wir von der Wissenschaft in diesem Punkt eigentlich verlangen können. „Entweder wollen wir durch unsere Spekulation versuchen, in das wahre und innere Wesen der natürlichen Substanzen einzudringen, oder wir wollen uns mit der Erkenntnis einiger ihrer Eigenschaften (affezioni) begnügen.“ Das Forschen nach dem Wesen der Dinge hält G. für ein ebenso unmögliches und eitles Unternehmen bei den nächsten Dingen wie bei den entferntesten himmlischen Körpern; von der „Substanz“ der Erde wissen wir so wenig wie von der des Mondes; bei der Erforschung dieser Substanzen kommen wir in jedem Fall nur zur Kenntnis einer Menge von Einzelheiten, die uns aber alle in gleicher Weise unbekannt bleiben (ignoti). Beim Fragen nach der Substanz eines Dinges komme ich stets von einer sinnlichen Erscheinung auf die andere, die mir die erste erklären soll; z. B. von den Wolken zum Wasserdampf, dann zum Wasser etc.; aber diese Erkenntnis des Wassers steht nur unseren Sinnen näher, nicht aber dem innersten Wesen der Dinge. Gleicherweise verstehe ich nicht mehr von dem Wesen der Erde oder des Feuers als von dem des Mondes oder der Sonne; hier stossen wir auf die Grenzen unseres Verstehens. Aber wenn wir uns mit dem Erfassen einiger Eigenschaften begnügen, dann brauchen wir nicht daran zu verzweifeln, diese auch bei den entferntesten Körpern noch verfolgen zu können. Manches wusssten wir sogar von den Sternen früher und sicherer als von der Erde. Müssen wir daher die Frage nach dem Wesen der Sonnenflecken von vornherein ausschliessen, so schliesst das nicht aus, dass nicht einige ihrer Eigenschaften wie Ort, Bewegung, Figur, Grösse, Undurchsichtigkeit, Veränderlichkeit, Erzeugung und Auflösung von uns begriffen werden können und uns dadurch ermöglichen, besser über andere, mehr controverse Bedingungen der natürlichen Substanzen zu philosophieren. „Von hier aus werden wir, die

Augen zu dem letzten Ziel aller unserer Mühen, der Liebe des göttlichen Schöpfers erhebend, die Hoffnung nicht verlieren, in ihm als Quell des Lichts und der Wahrheit schliesslich jede andere Wahrheit verstehen zu lernen."

Die Auffassung, die G. an diesem speziellen Beispiel erläutert, gilt ihm für den ganzen Bereich der exakten Naturwissenschaften. Aus dieser Abkehr von dem spekulativen Streben nach metaphysischer Erkenntnis der Substanzen und ihrer Qualitäten als Ursachen der Erscheinungen, und aus ihrer Ersetzung durch die exakte Beschreibung der „Affektionen" und Funktionen der Vorgänge entstand die quantitative Wissenschaft der Natur; die Kirchhoff-Herztsche Formulierung ihrer Aufgabe ist die notwendige Konsequenz der an dieser Stelle von G. ausgesprochenen prinzipiellen Auffassung. Denn — und das ist nun die für das weitere entscheidende Erkenntnis G. — diese Beschreibung der „Affektionen" kann nur durch die mathematischen Begriffe und Anschauungen geleistet werden; das zu beschreibende Objekt und das Mittel dieser Darstellung entsprechen sich vollkommen; die Eigenschaften, auf deren Beschreibung wir uns nach G. Anweisung zu beschränken haben, „luogo, moto, figura, grandezza" etc., sind alle von rein quantitativem mathematischen Charakter.

Wie G. zu dieser Auffassung kam, geht aus seinen Jugendschriften mit genügender Deutlichkeit hervor; als Mathematiker kam er zu den Schriften des Archimedes; in ihnen sah er das einzige sachliche exacte Wissen über die Erscheinungen der Natur, und nach ihnen suchte er die mathematischen Begriffe und Methoden auf die naturwissenschaftlichen Probleme anzuwenden, wobei er erkannte, dass jene nur auf die quantitativen Verhältnisse der Natur bezogen werden können. Die klare Herausarbeitung und Anwendung dieses Grundgedankens ist G. philosophische Leistung; er musste ihn aber andererseits auch wieder rückwärts zu der Erkenntnis führen, dass nur die sinnliche Erfahrung das sachliche Material zu dieser mathematischen Darstellung der Naturvorgänge liefern kann, denn die exakten quantitativen Verhältnisse der Erscheinungen können niemals aus der reinen Spekulation deduziert, sondern nur mit Hilfe des Experiments und exakter Messung festgestellt werden; die Grösse einer physikalischen Konstante, wie z. B. das mechanische Wärmeäquivalent, kann niemals logisch als Konsequenz apriorischer Prinzipien abgeleitet werden; ihre quasi irrationale, rein tatsächliche Grösse und Existenz ist das unüberwindliche Hindernis für jeden Versuch, „die Natur als das objektive System der Vernunft" rational darzustellen.

Ueber diese doppelte Grundlage seiner Naturwissenschaft,

die wir nun noch im einzelnen genauer zu bestimmen haben — in inhaltlicher Beziehung die sinnliche Erfahrung, in formaler die Mathematik — war sich G. prinzipiell vollkommen klar. Wo es sich um die strenge Begründung irgendeiner wissenschaftlichen Behauptung handelt, wiederholt er in den mannigfachsten Variationen seine typische Wendung von den „sensate esperienze e dimostrazioni necessarie", wobei ihm der zweite Faktor von mindestens derselben Wichtigkeit ist wie der erste (siehe die Bemerkung zu seiner Festigkeitslehre, erster Tag der „Discorsi" VIII, 54). Von diesem festen Standpunkte aus verteidigt er auch seine Wissenschaft gegen die Angriffe der Schulphilosophen und der Kirche; das Buch des Copernicus, erklärt er in seinem berühmten Brief an die Grossherzogin Christine, steht in keiner Beziehung zu den heiligen Schriften und kann darum auch in keinen Widerspruch zu ihnen treten durch falsche Interpretation; „sondern alles beruht auf natürlichen Schlüssen, die sich auf die himmlischen Bewegungen beziehen, und die mit astronomischen und geometrischen Beweisen geführt werden und in erster Linie auf sinnlichen Erfahrungen und den schärfsten Beobachtungen beruhen" (V, 313).

Diese Bedeutung der sinnlichen Erfahrung ist die erste Erkenntnis, die G. gemeinsam mit den übrigen Gegnern der Schulphilosophie in allen möglichen Wendungen dem Verständnis seiner Zeit begreiflich zu machen suchte (ein anschauliches Bild dieser Disputationen geben uns z. B. die in Band IV gesammelten Schriften G. und seiner Gegner zu dem Streit über das Schwimmen der festen Körper). Auch die astronomischen Vorgänge machte er, indem er mit genialer Sicherheit das um sie gesponnene Gewebe metaphysischer Spekulationen zerriss, mächtig unterstützt von seiner Erfindung des Fernrohrs, gleichsam zu Gegenständen der direkten sinnlichen Wahrnehmung. Alle die Gründe, die er zur Verteidigung der Empirie als alleiniger sachlicher Grundlage der Naturwissenschaft anführt, erscheinen uns heute fast trivial; auch wir empfinden es als „Albernheit, nach einer Philosophie zu suchen, die uns die Wahrheit einer Wirkung besser zeige als die Erfahrung und unsere eigenen Augen" (IV, 166). Aber wie konnte es dazu kommen, dass sich eine Wissenschaft der Natur so weit von der Natur selbst entfernte? Warum ist die Naturwissenschaft nicht sofort von der „Wirklichkeit" ausgegangen? Diese scheint eben doch nicht so ohne weiteres und besonders nicht wissenschaftlich begreifbar gegeben zu sein. „Erfahrung" wollen schliesslich alle; aber Erfahrung als wissenschaftlicher Begriff ist eben selbst nicht unmittelbar von der Erfahrung gegeben, sondern schon ein Produkt unseres

Verstandes; das hat uns Kant gelehrt; wie ist sinnliche Erfahrung als Wissenschaft möglich, das ist das Problem, zu dessen Lösung G. den entscheidenden ersten Schritt getan hat. (Ueber die Grenzen der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung siehe G. Brief an Liceti (XVIII, 208.)

Wenn wir nun noch näher untersuchen, warum ein Telesio und seine Nachfolger trotz ihrer Betonung der Erfahrung doch zu keiner festgegründeten Wissenschaft gelangten, so stossen wir zuerst auf eine Forderung G., die dann die notwendige Verbindung mit seiner Ansicht über die Bedeutung der Mathematik für die Naturwissenschaft bilden wird; es ist seine Forderung der exakten Messung der physikalischen Vorgänge. „Mesurer, telle est tousjours l'utile préoccupation de G. en physique, et c'est cette préoccupation qui l'a mis sur la voie de toutes ses découvertes", erklärt Th. Martin (Franks Dictionnaire des sciences philos., article G., p. 571—586); G., so meint er, war exakter messender Physiker und guter Mathematiker, Descartes nur das letztere, Bacon keines von beiden. Die exakte Messung war bisher in sehr weitgehendem Masse ausgebildet in der Astronomie, nicht aber in Physik und Mechanik. So betont G. bei seinen Versuchen, eine mechanische Theorie des Stosses aufzustellen (Della forza della percossa, sechster Tag der „Discorsi" VIII, 319 ff.), dass die erste unerlässliche Bedingung hierfür sei, ein Mass zu finden, mit dem beim Stoss die Wirkung der Geschwindigkeit und des Gewichts gemessen werden könnte; und in seiner Theorie vom freien Fall erklärt er: „In bestimmter Weise über die Bewegungen und ihre Schnelligkeit oder Wucht, seien sie nun gleichmässig oder natürlich beschleunigt, können wir nicht handeln, ohne zuerst das Mass zu bestimmen, das wir zur Messung dieser Geschwindigkeit benutzen wollen, wie auch das Mass der Zeit" (VIII, 286). Die Scholastiker dagegen meinten, ein Naturphilosoph brauche nicht zu diesen „kleinlichen Einzelheiten" hinabzusteigen; es genüge eine allgemeine Kenntnis der Definition der Bewegung und ihrer verschiedenen Unterscheidungen (VII, 249). Wenn wir die genauen wirklichen zahlenmässigen Verhältnisse nicht berücksichtigen, sind wir den unvorhergesehensten Irrtümern ausgesetzt (bei der Schätzung der Stärke einer Lichtquelle aus der Beleuchtung muss z. B. der verschiedene Einfallswinkel und die Entfernung berücksichtigt werden; siehe G. Brief an den Prinzen Leopold von Toscana betreffend die gegenseitige Beleuchtung von Erde und Mond [VIII, 515], wo die Täuschungen des Philosophen Liceti aufgedeckt werden, der das Problem nur „physikalisch" behandelt hatte). Man darf bei der Betrachtung eines naturwissenschaftlichen Problems nicht einfach von einer grundlegenden Prämisse ausgehen

(wenn diese auch auf Erfahrung beruht!) und von ihr deduktiv alles Folgende ableiten; man muss vielmehr alle bedingenden Umstände des Vorgangs sowie seine tatsächlichen zahlenmässigen Verhältnisse berücksichtigen.

Das methodische Mittel zur wissenschaftlichen Darstellung und Verwertung dieser quantitativen Massverhältnisse der Natur ist nun, wie gesagt, die Mathematik. Aber die Möglichkeit der Anwendung der mathematischen Formen auf die Erscheinungen besteht nicht etwa nur in der rein aritmethischen oder geometrischen Verarbeitung jener, durch die experimentelle Messung gelieferten mathematischen Grössen, sie beruht vielmehr im letzten Grunde auf der metaphysischen Ansicht von der mathematischen Konstitution des Universums überhaupt. Die Ansicht, die G. einmal in einem Fragment kurz so ausdrückt: „Posuit Deus omnia in numero, pondere et mensura“ (IV, 52), entspricht aufs engste den in der griechischen Philosophie den Pythagoreern zugeschriebenen Anschauungen. Aber wenn z. B. Windelband meint, auch die Ueberzeugung G. von der Notwendigkeit der Mathematik für die Naturwissenschaft wurzle wie die Erneuerung der anderen Wissenschaften in der humanistischen Tradition, da sie aus der Zahlensymbolik der Pythagoreer entstanden sei (Neuere Phylosophie I S. 89), so ist darauf zuerst zu erwidern, dass G. tatsächlich, wie er mehr als einmal betont, von dem einzigen bedeutenden exakten Physiker des Altertums, Archimedes, her zu seiner Auffassung kam. Ein Vergleich der Ansichten G. mit denjenigen der Pythagoreer wäre sicher von Interresse, ebenso ob und warum auf Grund der Ansichten der letzteren eine exacte empirische Naturwissenschaft prinzipiell unmöglich war. Ihre Interessen waren doch wesentlich zahlentheoretischer Natur (diese mathematische Disziplin steht noch heute der praktischen Anwendung am fernsten). Durch die rein spekulative Deutung der arithmetischen Verhältnisse der ganzen Zahlen hofften jene die Gesetze des Weltbaus zu ergründen, ähnlich wie etwa Kepler die Ordnung des Sonnensystems, d. h. die Massverhältnisse der damals bekannten 5 Planeten, durch eine spekulative Konstruktion aus den 5 regulären Körpern zu erklären suchte (allerdings können wir daneben bei den Pythagoreern in den Untersuchungen über die schwingenden Saiten auch Ansätze zu einer exakten physikalischen Forschung feststellen). In welchem Sinne das Suchen nach solchen einfachen zahlenmässigen Verhältnissen ein wichtiges heuristisches Prinzip der Naturwissenschaft bildet, werden wir im nächsten Kapitel noch sehen; es sei hier z. B. nur auf die Versuche der modernen Astronomie, durch die Bodesche Reihe oder die Formel von Charlier (s. Newcomb,

Astronomie S. 269 u. ff.) die Entfernungen der Planeten auf einen einfachen arithmetischen Ausdruck zu bringen, hingewiesen. In entsprechender Richtung gehen auch die Forschungen nach einem geschlossenen systematischen System der chemischen Elemente (periodisches System von Mendelejeff und Lothar Meier; ähnlich die Theorien der organischen Chemie betr. die Struktur der Moleküle). Stets wird in der Hypothese fester mathematischer Verhältnisse eine gewisse Harmonie der Grundverhältnisse der Naturerscheinungen gesucht; das berühmteste Beispiel ist Keplers „Harmonice mundi".

Auch für G. steht nun die vollständige Uebereinstimmung zwischen dem mathematischen Denken und der Wirklichkeit der Natur unbedingt fest; auch seiner Wissenschaft liegt der erkenntnistheoretische Gedanke zugrunde, dass den mathematischen Formen unseres Denkens eine mathematische Ordnung der sinnlichen Wirklichkeit, des Universums entsprechen muss, wenn diese durch jene erkannt und dargestellt werden soll. Aber er unterscheidet sich nun sowohl von den Pythagoreern wie von den Peripatetikern dadurch, dass er, ganz allgemein gesprochen, diese mathematische Ordnung der Natur nicht als absolutes Dogma, sondern als Aufgabe auffasst, die darin besteht, dass die mathematischen Verhältnisse mit Hilfe der sinnlichen Erfahrung in der Wirklichkeit nachgewiesen werden sollen. Wie erst die Mathematik dem von Telesio und andern gepredigten Sinn für die Erfahrung den freien Weg zur sichern Wissenschaft geöffnet hatte, so erhält die mathematische Theorie erst durch die sinnliche Wahrnehmung ihren eigentlichen Inhalt; beide entfalten erst in ihrer organischen Durchdringung ihre volle Fruchtbarkeit für die Wissenschaft. Wie die pythagoreische Anschauung, dass das Wesen aller Dinge die Zahl sei, ebenso wie die Scholastik der unfruchtbarsten Spekulation verfallen war, zeigen z. B. die Ausführungen zu Beginn des „Dialogs" über die Eigenschaften der Zahl 3 (VII, 34) ihre „Vollkommenheit" etc.: Die Welt ist vollkommen, weil sie 3 Dimensionen hat, die Zahl 3 ist vollkommen, weil es nur drei Dimensionen gibt, „il tre è ogni cosa", etc., worauf G. u. a. meint: „Ich glaube nicht, dass in bezug auf die Beine die Zahl 3 vollkommener sei als die 4 oder die 2". In ähnlicher Weise war die rationalistische Unterscheidung der Vollkommenheit des Kreises von der Unvollkommenheit der Geraden für das ganze peripatetische Weltsystem von entscheidender Bedeutung; G. dagegen erklärt, er wisse nichts von einem „Rangunterschied" der mathematischen Figuren; an sich seien diese weder vornehm noch vollkommen, dagegen eigneten sich die Würfel sicher besser für den Bau von Mauern als Kugeln, und umgekehrt sei sicher für die Räder

die Kreisform „vollkommener“ (VI, 319). G. ist sich also ganz klar über die Relativität solcher Begriffe, im Gegensatz zu den Peripatetikern, die stets geneigt waren, solche relative Begriffe als absolute aufzufassen, speziell den der Bewegung.

Dass nun diese mathematischen Bestimmungen der Natur nur durch die Erfahrung geliefert werden können, hat G. an mehreren berühmten Stellen betont, besonders im Gegensatz zu dem blinden Autoritätsglauben seiner Gegner; so wirft er im „Saggiatore“ dem Jesuiten Sarsi vor (VI, 232): „Vielleicht glaubt er, dass die Philosophie ein Buch und die Phantasie eines Menschen sei, wie die Ilias oder der Orlando Furioso, in denen das am wenigsten Wichtige sicher das ist, dass ihr Inhalt wahr sei. Sig. Sarsi, so steht die Sache nicht; die Philosophie ist geschrieben in diesem grandiosen Buch, das beständig offen vor unseren Augen liegt, nämlich das Universum; aber man kann es nicht verstehen, wenn man nicht zuerst seine Sprache verstehen lernt und die Zeichen kennt, in denen es geschrieben ist. Es ist geschrieben in mathematischer Sprache, und die Zeichen sind Dreiecke, Kreise und andere geometrische Figuren, ohne welche Mittel es unmöglich ist, in ihnen irgend etwas zu begreifen; sonst bleibt nur ein eitles Umhertappen durch ein dunkles Labyrinth.“ (Vergl. auch den Brief an Liceti XVIII, 295).

Ein Punkt, auf den wir hier nur kurz hinweisen können, besteht ferner darin, dass es G. auch gelungen ist, den Begriff der Materie mathematisch zu fassen und so der exacten physikalischen Wissenschaft zugänglich zu machen, indem er sie als identisch und unveränderlich voraussetzte; dadurch steht sie nun nicht mehr als etwas völlig Heterogenes der bisher allein begrifflich fassbaren Form gegenüber (s. dazu besonders Cassirer und Lasswitz). Die Materie galt bis dahin als das Prinzip, das alle exakte Naturwissenschaft unmöglich machte; daraus entstand jener wichtige Unterschied zwischen der „physischen“ und der „mathematischen“ Behandlung eines naturphilosophischen Problems, deren Erkenntnis- und Wahrheitswert ganz verschieden war (s. die Bemerkung La Gallas betr. die Erscheinungen auf dem Mond III, 323). G. meint, es sei nicht weniger lächerlich zu erklären, „geometrica non respondere in materialibus“, wie wenn jemand behauptete, „arithmeticas passiones in sensibilibus corporibus non respondere“; oder z. B., dass die Regeln zur Instruktion und Aufstellung der Heere nicht mehr gelten, wenn es sich um wirkliche Soldaten handelt. Er protestiert gegen die Annahme von zwei verschiedenen Naturen, einer theoretischen und einer wirklichen; die Mathematik gilt in der letzteren genau so weit, als ihre Bedingungen in ihr erfüllt sind.

Diese Ansicht von der Aufgabe der Mathematik in der Naturwissenschaft stand im grössten Gegensatz zur bisherigen Philosophie; es kam vor, dass die berühmtesten Peripatetiker ihre Schüler direkt vor dem Studium der Mathematik warnten, da diese den Intellekt „krittelig“ (cavilloso) und unfähig zum richtigen philosophieren mache; man zitierte den Aristoteles, der den Plato wegen seines eifrigen Studiums der Geometrie getadelt habe. In dieser Scheu vor der Mathematik haben die Peripatetiker ganz recht, meint G. ironisch, „denn es gibt keine Kunst, die geeigneter wäre, ihre Irrtümer aufzudecken“ (VII, 423).

Damit haben wir die Grundlinien der gal. Naturwissenschaft kurz skizziert. Ihr entscheidendes Merkmal ist die streng quantitative Betrachtungsweise aller Erscheinungen, ihre erkenntnis-theoretische Grundlage die später noch zu betrachtende, von G. zuerst aufgestellte Lehre von der Subjektivität der Sinnesqualitäten. Jene quantitative Auffassung aber ist wiederum die Vorbedingung für die mathematische Darstellung der Naturvorgänge. Damit jedoch auf dieser Grundlage eine wirkliche Wissenschaft von der Natur möglich werde, ist noch auf eine wesentliche Bedingung hinzuweisen: Die Gesetzmässigkeit des Naturverlaufs überhaupt. Schon im 1. Kapitel wiesen wir darauf hin als auf die Voraussetzung, die erst die Aufstellung eines wissenschaftlichen Naturbegriffs überhaupt erlaubte. Es handelte sich dabei um die in G. Jugendschrift „Le Meccaniche“ enthaltenen Untersuchungen über den Nutzen der Maschinen, d. h. zu zeigen, dass jener Nutzen niemals darin bestehen könne, die Natur in irgendeiner Weise zu betrügen. Diese Gedanken bewegten G. Zeit seines Lebens (s. das Fragment VIII, 572). Mit einer bestimmten Kraft kann ich nur einen ganz bestimmten Widerstand und keinen grösseren überwinden; aber — und es ist ungemein interessant, dass G. hier auch schon die Kehrseite dieses Satzes betont, die erst in der modernen exakten Fassung des Energieprinzips klar erkannt wurde — ich kann auch nie die ganze besagte Kraft zur Ueberwindung eines kleineren als des ihr genau entsprechenden Widerstandes anwenden. Von der „andern“ Seite betrachtet, ist die Maschine immer sehr unvorteilhaft; ihre allgemeine Schätzung „beruht auf der Bequemlichkeit und dem Nutzen, den wir daraus ziehen“. Nur mit Hilfe der exakten mathematischen Betrachtung ist die wirkliche Leistung der Maschinen klar zu begreifen. Es sind dies wohl die ersten klaren Aeusserungen über die Gedanken der Erhaltung der lebendigen Kraft und der Energie; sie geben uns ein deutliches Bild von G. Anschauungen über das Wesen

der Naturgesetze. Jene mathematische Beschreibung der Naturvorgänge hat ja nicht etwa den Sinn, dass einfach die quantitativen Verhältnisse eines realen einzelnen Vorgangs mit allen seinen individuellen Einzelheiten möglichst exakt beschrieben werden sollen; das wäre erstens eine unendliche Aufgabe — mit der Beschreibung noch so vieler einzelner vergangener Vorgänge wäre im Verhältnis zu ihrer zukünftigen Unendlichkeit soviel wie nichts geleistet, während wie wir sehen werden, auch die Aufgabe der gal. Naturwissenschaft zwar unendlich ist, aber nur extensive, nicht intensive; und dann hätten wir damit auch noch keine Verknüpfung der einzelnen Erscheinungen. Eine wirkliche Naturwissenschaft entsteht nach G., wie wir im nächsten Kapitel noch ausführlicher zeigen werden, erst dadurch, dass wir die einfachen und konstanten Grundverhältnisse der sinnlichen Erscheinungen festzustellen suchen, die nach G. Anschauung wesentlich mechanische sind. Voraussetzung dazu aber ist, und das musste hier schon erwähnt werden, dass jene Grundverhältnisse in der Natur wirklich vorhanden sind. Für uns ist ja der Begriff des „ehernen Naturgesetzes" direkt das Symbol der Ewigkeit und Unveränderlichkeit geworden; diese Auffassung verdanken wir aber im wesentlichen erst den Anstrengungen G., denn die Scholastik dachte hier noch grundsätzlich anders. Sie ging aus von den starren Formen des begrifflichen Denkens, zu dem die „Natur" in einem prinzipiellen Gegensatz stand; die streng deduktiv abgeleiteten Gesetze wurden „verdorben", wenn die Bedingungen materiell verwirklicht wurden. So war es ein Hauptpunkt der Disputationen G. mit seinen Gegnern, inwieweit die mathematischen Gesetze streng auf die realen Vorgänge angewendet werden könnten; jene machten einen prinzipiellen Unterschied zwischen dem „trattar fisicamente e matematicamente le cose naturali" (VII, 229). Die Natur galt dem Mittelalter allgemein als ein dunkles unheimliches Gebiet, auf das man sich doch nie so recht verlassen konnte; daher auch der unüberwindliche Hang zu Magie und Aberglauben.

Demgegenüber hat nun G. als hervorragender Vertreter des das 17. Jahrhundert beherrschenden mathematisch-methodischen Geistes mit aller Energie die von allem menschlichen Denken und Erkennen unabhängige Gesetzmässigkeit der Natur verteidigt; die Natur ändert ihre Wirkungen nicht entsprechend unseren Wünschen (V, 218); was wir jetzt beobachten und beweisen, werden andere stets wieder nachprüfen können; unbekümmert darum, ob ihre verborgenen Ursachen von uns begriffen werden können, überschreitet die Natur nie die Grenzen der ihr auferlegten Gesetze. Es gibt eine einzige und feste Konstitution des Universums; der Ablauf der

Naturvorgänge ist nach ganz bestimmten ewigen Gesetzen geregelt. Den Peripatetikern dagegen war diese Anschauung vollständig fremd, daher konnte ihnen ihr System wichtiger werden als die Erforschung der wirklichen Natur selbst: so spricht im Dialog (VII, 78) Simplicio seine zuversichtliche Hoffnung aus, dass es nicht an erleuchteten Geistern fehlen werde, die im Sinne der peripatetischen Philosophie mit den von G. entdeckten Sonnenflecken fertig werden würden, worauf ihm dieser entgegnet: Wenn es hier sich z. B. um eine juristische Frage handelte, in der es weder Wahrheit noch Falschheit gebe, dann könnten wohl Schärfe des Geistes und grössere Belesenheit einer Ansicht zum Siege verhelfen; aber die Urteile in den Naturwissenschaften sind wahr und notwendig und unabhängig von jeder Willkür, und tausend Demosthenes oder Aristoteles müssen vor jedem mittelmässigen Geist den kürzeren ziehen, wenn er eben nur die Wahrheit auf seiner Seite hat. Die Schulphilosophen brachten es fertig, über irgendein Problem „ad utramque partem“ zu disputieren; G. dagegen erklärt gegenüber Verdächtigungen, dass er z. B. selbst vielleicht gar nicht an seine hydrodynamische Theorie glaube, mit aller Deutlichkeit, er sei gewohnt „in dem Buch der Natur zu studieren, wo alle Dinge auf eine einzige Weise geschrieben seien“ (IV, 248). Das berühmteste Beispiel in dieser Beziehung ist der Streit, ob man die copericanische Theorie nur als Hypothese, die eine leichtere mathematische Darstellung der astronomischen Vorgänge ermögliche, oder als Beschreibung der tatsächlichen Bewegungen der Himmelskörper aufzufassen habe; bekanntlich legte Osiander in seinem Vorwort zu den „Revolutiones“ die Ansicht des Copernicus selbst in jenem ersteren Sinne aus, wogegen G. ausdrücklich protestierte. Wir werden bei der Darstellung seiner Ansichten über die Wahrheit seiner Wissenschaft nochmals hierauf zurückkommen; er unterschied die „reinen Astronomen“, die die Epizyceln etc. nur zur Erleichterung der Rechnung einführen, von den „philosophischen Astronomen“, die noch über die „Rettung der Erscheinungen“ hinaus als höchste und bewundernswerte Aufgabe die wahre Konstitution des Universums festzustellen suchen, „denn diese Konstitution existiert, und sie existiert auf eine einzige, wahre, reale Weise, die unmöglich eine andere sein kann“; diese grösste und vornehmste Aufgabe ist allen andern Spekulationen voranzustellen (V, 102).

Das oben ausgesprochene erste Ergebnis unserer Untersuchungen, dass die gal. Naturwissenschaft unter prinzipiellem Verzicht auf die wissenschaftliche Erkenntnis der Substanz

der Dinge sich auf die exakte mathematische Beschreibung der „Affektionen“ der Erscheinungen beschränke, wird also nun ergänzt durch die feste Ueberzeugung G., dass trotzdem eine feste einheitliche gesetzliche Ordnung der Natur und ihrer Bewegungen existiere, und dass diese Ordnung auch in den uns allein zugänglichen quantitativen Affektionen zur Erscheinung komme. Das Problem ist für G. ein ganz analoges wie für Kant: wie kommen wir, trotzdem uns die Erkenntnis der Dinge an sich versagt ist, zu einer in sich geschlossenen notwendigen und exakten Wissenschaft von der Natur? Die Lösung G., die ebenfalls nach ihrem tatsächlichen Inhalt mit derjenigen Kants übereinstimmt — sie hat der kritischen Untersuchung Kants das ebenbürtige Objekt geliefert — besteht in jener charakteristischen Synthese von sinnlicher Erfahrung und mathematischer Spekulation, die das eigentliche Wesen der modernen exakten Naturwissenschaft ausmacht. Wir sind der Erkenntnis dieser eigentümlichen Synthese in den letzten Ausführungen einen guten Schritt näher gekommen; aber ihr ganzes Wesen wird doch erst bei Betrachtung ihrer Methode klar hervortreten. Bevor wir jedoch dazu übergehen, wollen wir zur konkreteren Illustrierung der bisherigen Ausführungen zum Schluss dieses Kapitels noch kurz von dem sachlichen Hauptbegriff der neuen Wissenschaft, der Bewegung ausgehend, auf diejenigen sachlichen Prinzipien der neuen Wissenschaft hinweisen, die für ihre weitere Entwicklung von besonderer Wichtigkeit geworden sind; die Beurteilung von G. neuer Anschauung über Begriff, Aufgabe und Methode der Naturwissenschaft wird eine wesentliche Ergänzung finden in der Erkenntnis, welche inhaltliche Verschiebung jene in seiner Wissenschaft bewirkt haben. Die neue Mechanik ist wesentlich Dynamik; die Statik sinkt zu einem nebensächlichen Spezialfall herab. Die bisherige Physik hatte die Bewegung als eine Aufeinanderfolge von Ruhezuständen aufgefasst, woraus eine ganze Reihe logischer Schwierigkeiten entstanden waren. Für G. war die Bewegung ein ursprünglicher Begriff, ein Zustand eines Körpers, dessen Veränderung, nicht Beibehaltung eine Ursache voraussetzt (Trägheitsgesetz); diese Ursache ist stets wieder eine Bewegung oder eine „Kraft“. Schon in seiner Jugendschrift „De motu“ bekämpfte er die aristotelische Auffassung, dass das Medium die Bewegung eines Körpers ermögliche oder grundsätzlich bestimme; doch sprach G. das Beharrungsgesetz in seiner exakten Allgemeinheit nie deutlich aus; das hat erst sein genuesischer Freund G. B. Baliani (de motu naturali gravium solidarum, Genova 1638) getan. Dazu kommt das Prinzip der Erhaltung von Bewegung, Kraft und Richtung bei der Zusammensetzung von mehreren Bewe-

gungen, das dann von Newton als das Gesetz des Parallelogramms der Kräfte formuliert wurde. Die Bewegung ist auch insofern der Grundbegriff der gal. Naturwissenschaft, als diese von Anfang an alle physikalischen Vorgänge auf Bewegungen zurückzuführen suchte; doch war G. ganze Art auch hier viel zu vorsichtig, als dass er sich zu Verallgemeinerungen in dieser Beziehung hätte hinreissen lassen; doch ist sicher, dass für ihn jeder Wirkung eine Bewegung als notwendige Ursache entsprach (siehe z. B. VIII, 87).

Das entscheidende Charakteristikum des neuen Begriffs der Bewegung war ihre Relativität. G. wies schon in den Abhandlungen „De motu“ darauf hin, dass schwer und leicht nicht absolute, prinzipiell gegensätzliche, sondern nur relative Begriffe seien, ja dass es überhaupt keinen ganz der Schwere entbehrenden Körper gebe. Auch nach seiner noch nicht allgemeinen Formulierung des Trägheitsgesetzes waren Ruhe und Bewegung völlig koordinierte relative Begriffe; eine absolut glatte Kugel, die sich auf einer ebensolchen horizontalen Ebene befinde, sei der Bewegung wie der Ruhe gegenüber indifferent (II, 180); die Bewegung ist nichts anderes als die Veränderung eines Dinges in bezug auf ein anderes (X, 170). In welche Widersprüche diese Auffassung mit der ganzen bisherigen Anschauung kam, zeigt der Einwand seines Schülers Castelli, dass dann die Entstehung der Welt ohne Bewegung hätte geschehen müssen, da ja vorher kein Gegenstand existierte, auf den eine Bewegung hätte bezogen werden können. Besonderen Widerspruch erregte die Konsequenz, dass dann auch die Wirkung der Bewegung, die für etwas fest Bestimmtes galt, relativiert wurde. „Wer eine Bewegung aufheben will, mache sie gemeinsam“, notiert sich G. in einem Fragment (VIII, 633); und anderswo (VII, 141) bemerkt er, dass die Bewegung zwischen Gegenständen, die alle in gleicher Weise daran teilnehmen, keine Wirkung ausübe und einfach als nicht existierend angesehen werden könne; „nur jene Bewegung ist für uns beobachtbar, an der wir nicht teilnehmen“. Diese Argumente dienten ihm besonders zur Erklärung der Tatsache, dass wir von der Bewegung der Erde nichts bemerken; nach dem naiven Empfinden, das wird ihm immer wieder entgegengehalten, müsste diese ungeheure Bewegung doch die verheerendsten Einwirkungen auf die irdischen Dinge ausüben; diese Wirkungslosigkeit der gemeinsamen Bewegung blieb den Peripatetikern stets unfassbar (VII, 197). An dem Stein, der in gerader Linie längs des Turmes herabfiel, sah man doch, dass seine Bahn eine geradlinige war; also konnte sich die Erde nicht bewegen! Wenn die Erde sich bewegt, dann ist jene Bahn eben keine geradlinige, war die kühne Antwort G.

An diese hier nur kurz berührten Probleme hat sich eine unübersehbare Diskussion über die Relativität oder Absolutheit von Bewegung, Zeit und Raum geknüpft; besonders interessant sind die Ansichten von Newton und Euler (von der neueren Literatur siehe Carl Neumann über das Galilei-Newtonsche Prinzip, 1870); ganz neue Gesichtspunkte hat die moderne Relativitätstheorie in die Diskussion geworfen.

Aus diesem gal. Begriff der Bewegung haben sich ferner noch zwei eng zusammenhängende Prinzipien entwickelt, diejenigen des Infinitesimalen und der Kontinuität. Bemerkenswerterweise ist die erste Folgerung, die G. aus seiner Definition der Fallbewegung zieht, die, dass beim freien Fall aus der Ruhelage alle unendlich vielen Grade der Geschwindigkeit von Null bis zu einer beliebigen endlichen Grösse durchlaufen werden müssten (VIII, 199 und ff.); das Gegenteil, meint er (VII, 45), wäre ein ausserhalb des natürlichen Ablaufs stehender Vorgang und deshalb wunderbar. Es ist nach seiner Meinung kein Grund vorhanden, warum ein Körper eher eine bestimmte endliche Geschwindigkeit unmittelbar erlangen sollte als eine beliebige kleinere. Der Körper kann in endlicher Zeit unendlich viele Geschwindigkeitsgrade durchlaufen, weil jeder endliche Zeitraum unendlich viele Augenblicke enthält; zu diesen Anschauungen hätte ihn die ihm nicht unbekannt gebliebene platonische Ansicht geführt, dass die Himmelskörper zuerst durch einen freien Fall jene Geschwindigkeit erlangt hätten, mit der sie nun gleichförmig ihre Kreisbahnen beschreiben; Plato sei wohl auch der Ansicht gewesen, ein Körper könne nicht von der Ruhe aus eine gewisse endliche Geschwindigkeit erlangen, ohne alle unendlich vielen dazwischen liegenden Geschwindigkeitsgrade zu durchlaufen. Auch über die rein mathematische Seite dieser Ansicht von der Kontinuität der Naturvorgänge war sich G. klar (siehe über die Kontinuität der Linie VII, 730; vergl. auch VII, 745 ff. und XVII, 92 ff.); ferner suchte er die kontinuierliche Wirkung von Bewegungen wie der des Windes mit der Wirkung einzelner Impulse in Zusammenhang zu bringen (s. seine Lehre vom Stoss). Ueber die rein formalmethodische Bedeutung dieses Prinzips bei G. urteilt Mach (Mechanik, sechste Auflage S. 139) u. a.: „G. befolgte bei allen seinen Ueberlegungen, zum grössten Vorteil der Naturwissenschaft, ein Prinzip, welches man passend das Prinzip der Kontinunität nennen könnte. Hat man für einen speziellen Fall eine Ansicht gewonnen, so modifiziert man allmählich in Gedanken die Umstände dieses Falles, soweit es überhaupt angeht, und sucht hierbei die gewonnene Ansicht möglichst festzuhalten. Es gibt kein Verfahren, welches sicherer zur einfachsten, mit dem geringsten

Gemüts- und Verstandsaufwand zu erzielenden Auffassung aller Naturvorgänge führen würde.“ So gelangt G. durch kontinuierliche Abnahme der Neigung seiner schiefen Ebene zur Formulierung seines Trägheitsgesetzes.

Gerade dieses Beispiel ist typisch für G. geniale Kunst, besonders schwierige Spezialfälle, gleichsam die „Singularitäten“ der Naturerscheinungen, durch sogen. Grenzbetrachtungen aufzuhellen; so kommt er auch zu seinem berühmten Satz, dass im Vakuum alle Körper gleich schnell fallen. Das führt uns zu seinen Ansichten über das Unendlichkleine; schon 1604 wies er in der Abhandlung „De motu accelerato“ auf diesen Begriff und die in ihm liegenden Schwierigkeiten hin. Die Annahme unendlichkleiner Geschwindigkeiten oder, was ihm noch schwieriger scheint, unendlichgrosser Langsamkeiten beim Beginn des freien Falles sei jedoch nur für den ersten Eindruck wunderbar, denn infolge der Entsprechung von Geschwindigkeit und Wirkung (Beispiel das Eintreiben eines Pfahles durch ein fallendes Gewicht) beweisen uns die unendlich kleinen Wirkungen, dass es tatsächlich auch unendlich kleine Geschwindigkeiten gibt (vergl. II, 161 ff.; VIII, 622 und XVII, 92 ff.). Von besonderem Interesse ist hier aber die Stellung, die G. gegenüber den im Begriff des Unendlichen liegenden logischen Schwierigkeiten einnimmt. Die Zusammensetzung der Geraden aus unendlich vielen Punkten und Zwischenräumen, wie die entsprechende Zusammensetzung der festen Materie aus unendlich vielen Partikeln und ebensolchen Zwischenräumen bietet, so meint er, allerdings grosse Schwierigkeiten; doch mit grossem Scharfsinn hat G. den tiefsten Grund dieser Schwierigkeiten berührt, wenn er zur Frage, wieso ein Unendliches grösser als ein anderes sein könne, erklärt, diese Schwierigkeiten rührten daher, dass wir mit unserem endlichen Verstand über das Unendliche urteilten, indem wir ihm jene Attribute zuteilten, die wir bei den endlichen und begrenzten Dingen feststellen; das sei falsch, denn diese Attribute des grösser, kleiner und gleich entsprechen nicht dem Unendlichen, bei dem eines nicht grösser oder kleiner oder gleich wie das andere bezeichnet werden könnte (VII, 77). Das Unendliche ist ein prinzipiell neuer Begriff, auf den die Kategorien des Endlichen ($>$, $<$, $=$) nicht anwendbar sind; ebenso wenig gelten diese zwischen endlichen und unendlichen Grössen. Der jetzt in der Mathematik geltenden exakten Formulierung des Unendlichen kommt schon G. sehr nahe, wenn er erklärt, die Anzahl der Teile einer Strecke sei weder endlich noch unendlich, sondern könne jeder beliebig grossen Zahl entsprechen; das sei zwischen dem Endlichen und Unendlichen ein dritter mittlerer Begriff, nämlich „das jeder bezeichneten

Grösse entsprechen“ (VIII, 81; ferner VIII, 83); als interessantes Beispiel führt er den Kreis an, der sich bei unendlichgrossem Radius in eine Gerade verwandle, im Unendlichen also zu etwas principiell Neuem werde.

Auf diesen Grundlagen ist nach und nach die spezifisch mechanische Wissenschaft von der Natur auf- und ausgebaut worden. Die exakte Massbestimmung der Bewegung wurde ihre eigentlichste Aufgabe und entsprechend bestand auch die kausale Erklärung der Erscheinungen in einer mathematischen Verknüpfung von Bewegungen. Die in den „Discorsi“ enthaltenen Untersuchungen G. über die Bewegung, den freien Fall, Wurf, Stoss etc. bilden das Zentrum der gal. Wissenschaft; auch G. selbst sah hier seine grösste Aufgabe und seine entscheidendsten Erfolge; seinem Pariser Freund Diodati meldet er das Erscheinen der „Discorsi“ mit den folgenden stolzen Worten: „Die Werke, die jetzt im Druck sind, enthalten zwei vollständige, völlig neue und von ihren ersten Prinzipien und Elementen an bewiesene Wissenschaften, so dass sie entsprechend den übrigen mathematischen Elementen den Eingang öffnen zu den weitesten Gebieten voll unendlicher wunderbarer Konklusionen; deshalb achte ich gering all das, was die Welt bisher von mir zu sehen bekam im Vergleich mit dem, was sie noch sehen wird“ (4. VII. 1637; XVII, 126). Wie kaum je ein Forscher war sich G. klar über die Bedeutung seiner Leistung für die Zukunft seiner Wissenschaft (s. auch VIII, 190). Die letzte kausale Erklärung aller Erscheinungen kann für diese mechanische Anschauung nur durch die alte demokritische Ansicht geleistet werden, die alle Veränderungen als die verschiedene Gruppierung der Atome erklärt. Auch für G. gibt es keine Veränderung der Substanzen mehr, keine Zerstörung, bei der vom ersten Körper nichts übrig bleibt, und ein zweiter, völlig verschiedener entsteht; wenn sich uns ein Körper bald in dieser Erscheinung und bald in jener zeigt, so ist das nichts als eine einfache Verschiebung der Teile, ohne jegliche Zerstörung oder Erzeugung eines Neuen (VII, 64). Alle verborgenen Qualitäten, Formen etc. sind als wirkende Ursachen eliminiert; so lehnt er ausdrücklich bei dem Streit über das Schwimmen der Körper die Form derselben als mitbestimmende Ursache ab. Von besonderem Interesse ist, wie bereits erwähnt, hierfür seine Erklärung von Ebbe und Flut; die bisherigen Erklärungen können diejenigen nicht befriedigen, meint G., die verlangen, dass der als wahre Ursache der Wirkung vorgebrachte Grund leicht und offen allen einzelnen Symptomen und Neben-

erscheinungen, die wir bei jener Wirkung im einzelnen bemerken, genüge (V, 377). Darum musste er auch als Hauptvertreter der Ansicht, wonach jede unanschauliche Wirkung und alle Fernkräfte als absurd und unwissenschaftlich, ja fast als abergläubisch gelten, jede Erklärung der Flut durch die Anziehung des Mondes ablehnen. Eine Wirkung hat stets nur eine erste Ursache, zwischen der Ursache und der Wirkung besteht eine feste und konstante Beziehung und deshalb muss auch jeder konstanten Aenderung in der Wirkung eine konstante Aenderung in der Ursache entsprechen (VII, 471). G. wollte daher die unmittelbare Ursache der Fluterscheinungen finden, und diese konnte für ihn nur eine streng mechanische sein; auch eine rein statistische Beschreibung der Korrespondenz der zwei Erscheinungen (Mondbewegung und Flut) konnte ihm ohne Einsicht in den mechanischen Zusammenhang nicht genügen. Wenn G. auch in diesem speziellen Punkt offenbar im Irrtum war, so wurde doch diese seine allgemeine Anschauung von um so grösserer Bedeutung für die Entwicklung seiner Wissenschaft.

Capitel 3.

Die Methode der gal. Naturwissenschaft.

In den bisherigen Ausführungen haben wir versucht, die grundlegenden Anschauungen und Prinzipien der gal. Naturwissenschaft darzulegen, in ihrem Verhältnis und Gegensatz vor allem zu der scholastischen Naturphilosophie. Für jedes einzelne dieser Prinzipien kann man Ansätze und Analogien in den allgemein philosophischen wie speziell naturwissenschaftlichen Versuchen von Vorgängern wie von Zeitgenossen G. feststellen, und dies ist mannigfach getan worden, wenn auch in vielen Punkten noch nicht mit der nötigen Klarheit und Sicherheit. Das aber, was die ganz eigentümliche Leistung G. darstellt, das ist die organische Synthese, die alle diese Ansätze in der gal. Methode der Naturwissenschaft gefunden haben; sie ist es, die die entscheidende Bedingung für den sicheren Gang der modernen Naturwissenschaft geschaffen hat; G. wurde (nach Martin, a. a. O. S. 571) „le principal auteur de la vraie méthode des sciences physiques".

Das philosophisch Wesentliche in diesen methodischen Anfängen der Naturforschung definiert Windelband (Lehrbuch S. 325) folgendermassen: „Der Empirismus wurde durch die Mathematik korrigiert, und der gestaltlose Pythagoreismus der

humanistischen Tradition wurde durch den Empirismus zur mathematischen Theorie bestimmt. Den Knotenpunkt dieser Verschlingung bildet Galilei.“ Darin sind richtig Erfahrung und Mathematik als die beiden Hauptpole der gal. Methode bezeichnet; aber ebenso sicher ist auch, dass das Wesentliche dieser Methode gerade in der eigentümlichen Art der Verbindung dieser zwei Elemente durch G. liegt; und diese ist es, die wir jetzt genauer zu untersuchen haben. Es wird ein Hauptergebnis unserer Arbeit die Ueberzeugung sein, dass jenes empirische wie das rationale Element, Erfahrung und Mathematik, völlig gleichberechtigte und gleich notwendige Bedingungen der neuen Wissenschaft sind. „Erfahrung mit Denken verbunden“ (senso accompagnato col discorso) führt nach G. allein zu wissenschaftlicher Erkenntnis der Natur! Die Mechanik, die Grundlage der physikalischen Wissenschaft und ihr stetes Vorbild, die die exakte Beschreibung der empirischen Bewegungen liefern soll, ist ihrer Form nach eine „scienza dimostrativa“ und hat darum Definitionen und Suppositionen an der Spitze; in ihr werden wir auch am klarsten den methodischen Charakter der gal. Wissenschaft erkennen.

Die Grundform jeder naturwissenschaftlichen Methode bestand im letzten Grunde stets in einem Doppelweg, dessen zwei Züge von Ueberlegung, Darstellung und Erklärung in den zwei einander entgegengesetzten Richtungen durchlaufen wurden: Vom einzelnen zum allgemeinen, von der empirisch gegebenen Einzeltatsache zum allgemein gültigen Gesetz, und umgekehrt. Die Ansätze zu beiden sind auch bei Aristoteles vorhanden; aber die deduktive Entwicklungsreihe, die von ihm in grossartiger Geschlossenheit und Vollständigkeit ausgebaut wurde, hat die Entwicklung des andern Ansatzes in der peripatetischen und scholastischen Philosophie immer mehr zurückgedrängt und unterbunden. Auch Bacon kennt beide Richtungen; aber für ihn ist nun der Weg vom einzelnen zum allgemeinen der entscheidende geworden (soweit es sich nur um die Gewinnung von Erkenntnis handelt). Seit seiner Zeit gilt die gesamte Naturwissenschaft, und im richtigen Sinne verstanden sicher mit Recht, als die typische induktive Wissenschaft; aber der vollständige Misserfolg des Baconischen Versuches der Begründung einer neuen Naturwissenschaft zeigt doch eindrücklich genug, dass bei ihm die entscheidende Synthese beider Elemente und Wege, die in der Geschichte der Philosophie und Naturwissenschaft in so verschiedener Weise aufgefasst wurden und sich in solch mannigfacher Gestalt verschlungen haben, noch nicht gefunden wurde. Bei G. nun treten jene beiden Wege in seinem „metodo risolutivo“

und „metodo compositivo“ auf, und in ihnen ist meist die methodische Form gesehen worden, die die entscheidende Bedingung für den Erfolg der neuen Naturwissenschaft bildete. Das Wesen dieser Methode ist von dem der Baconischen Induktion grundverschieden; während jene in einer rein statistischen (auf jede anschauliche [mechanische] Kausalerklärung verzichtenden) Zusammenstellung der einzelnen Vorgänge besteht, will G. durch eine Analyse der Erfahrungen, die uns die konstanten gesetzmässigen Grundformen der Erscheinungen (Bewegungen) liefern soll, zu einer demonstrativen Wissenschaft (durch deren nachherige Komposition) gelangen; das Gesetz wird nicht durch Vergleichung möglichst vieler Fälle erhalten, sondern durch vollständige Analyse eines einzelnen Falles. Das ist das allgemeine, mit voller Freiheit angewandte Grundschema der gal. Methode; aber — und das möchte ich hier gleich ausdrücklich betonen — es ist doch das richtige, den eigentlichen Kernpunkt der Sache erfassende Verständnis noch nicht möglich, wenn man, wie es meist geschieht, dabei stehen bleibt, diese beiden Richtungen des metodo risolutivo und compositivo sich als ganz unabhängig nebeneinander herlaufend vorzustellen; diese gelangen vielmehr erst zu ihrer, das Ganze zusammenfassenden Einheit durch den methodischen Begriff, der auch von G. selbst stets ausdrücklich als das entscheidende Merkmal seiner Methode hingestellt wird (während für ihn der metodo risolutivo und compositivo mehr in den Hintergrund treten; er erwähnt sie auch nur selten): ich meine die von G. selbst so bezeichnete Argumentation „ex suppositione“. Sie ist vor allem bei dem so wichtigen Beispiel des freien Falles in entscheidender Weise von G. angewendet worden und besteht im wesentlichen in der wechselseitigen Vergleichung eines rein mathematisch-phoronomisch aufgestellten Schemas eines Vorgangs (Bewegung) mit dem empirisch gegebenen. Wenn auch vollständig streng nur in jenem speziellen Beispiel durchgeführt, ist doch deutlich dieser Gedanke für G. das methodische Ideal; an Hand seiner gerade hier sehr aufschlussreichen Aeusserungen haben wir nun das ganze Gebäude seiner methodischen Ansichten darzustellen.

Das Bestreben aller naturwissenschaftlichen Forschung geht ja dahin, allgemeine Gesetze der Erscheinungen zu gewinnen, möge man diese nun als absolut gültig oder nur als „allgemeine Tatsachen“ ansehen, sei das Motiv dieses Forschens der dogmatische Glaube an die Existenz solcher absolut stringender Gesetze, oder die Oekonomie des menschlichen Denkens und Handelns. Diese allgemeinen Gesetze sind Gesetze des Geschehens; nach dem „Kausalgesetz“ verknüpfen wir die Tat-

sachen der Erfahrung miteinander, indem Wirkungen auf Ursachen zurückgeführt werden; je mehr Vorgänge die Regel einer solchen Verknüpfung umfasst, desto allgemeiner ist das Gesetz. Aber wie kommen wir von den einzelnen Tatsachen zu solch allgemeinen Gesetzen? Und die weitere Frage ist die: Die Naturwissenschaft hat es nicht einfach mit der „freien" Natur zu tun, sondern mit künstlichen Spezial- und Idealfällen (s. das Experiment und den Begriff der „approximativen Naturwissenschaft" [Klein]); welches sind die Verstandesprinzipien, die hierbei wirksam und massgebend sind?

Die Induktion ist die einzige Schlussart, die vom einzelnen aufs allgemeine, aus der Zusammenstellung der Tatsachen auf das Gesetz schliessen lässt. Darin liegt ihre Zaubermacht! Aber dieser Zauber hat auch häufig zu einer falschen Einschätzung ihres Erkenntniswertes geführt; und welche prinzipiellen Unterschiede in ihrer Handhabung und Auffassung herrschen können, dafür haben wir in der so verschiedenen methodischen Denkweise Keplers und G. das klassische Beispiel (s. dazu besonders E. F. Apelt, Die Theorie der Induktion, Leipzig, 1854). Für Kepler typisch ist die Bestimmung seiner berühmten Gesetze aus den Beobachtungen Tychos und seinen eigenen Marsbeobachtungen (die Induktion im eigentlichen Sinne); für G. seine Theorie der allgemeinen Gesetze der Bewegungen (freier Fall, Wurf etc.); seine spezifische Methode wollen wir mit Apelt diejenige der Abstraktion nennen. Entsprechend den verschiedenen Methoden ist auch der allgemeine Charakter der gefundenen Gesetze ein wesentlich verschiedener. Kepler und G. fussen beide auf Erfahrung, aber G. analysiert dieselbe, Kepler schliesst aus ihr. G. beweist aus Grundsätzen (progressiv: „ex suppositione"), Kepler aus Beobachtungen und Messungen (regressiv. Apelt, S. 142). G. findet Grundgesetze der mathematischen Naturphilosophie, Kepler eigentliche empirische Naturgesetze.

Wir müssen jedoch zuerst unterscheiden zwischen der vollständigen und der unvollständigen Induktion. Die erstere wird besonders in der Mathematik angewandt und bietet keine erkenntnistheoretischen Schwierigkeiten; der sachliche Inhalt des allgemeinen Ausdrucks ist mit demjenigen der Summe der Einzelurteile völlig identisch. Viel wichtiger für den Fortschritt der Naturwissenschaft ist die unvollständige Induktion, die eine Art Wahrscheinlichkeitsschluss darstellt. Sie ist in gewissem Sinne ein „voreiliges Urteil", d. h. ein solches, für das noch nicht alle Gründe oder Bedingungen vorliegen; es wird von einem Ganzen etwas behauptet, ohne dass es möglich wäre, die Behauptung für alle einzelnen Teile

desselben zu beweisen; so stellt Kepler aus den ihm gegebenen Marsörtern, deren Masszahlen die Gleichung einer Ellipse befriedigen, die Gleichung der vollen continuierlichen Marsbahn auf, d. h. er behauptet etwas von Punkten, von denen er den direkten Erfahrungsbeweis nicht besitzt. Das allgemeine Urteil ist weder extensiv, in allen seinen Teilen, noch intensiv, in der Genauigkeit des einzelnen, vollkommen. Die zwei Fragen, die sich uns hier zuerst stellen, sind die nach der Erkenntnisleistung und nach der Berechtigung und Begründung dieses induktiven Urteils.

Der Gang des Induktionsschlusses ist (nach Apelt) so, dass:

1. im Obersatz ein Ganzes in seine Teile zerlegt oder aus ihnen zusammengesetzt wird (z. B. das Planetensystem besteht aus Venus, Mars etc.);
2. in den Untersätzen für jeden dieser Teile ein neues Merkmal (aus der Erfahrung oder der reinen mathematischen Anschauung) bestimmt wird;
3. hieraus durch jenes Merkmal das Ganze bestimmt wird (s. das Beispiel bei Apelt!).

Was bietet nun dieses Endurteil Neues über die einfache Summe der Einzelurteile hinaus? Es gibt allerdings zuerst rein an sich nach seinem Inhalt betrachtet nicht mehr an fester tatsächlich bewiesener Erkenntnis als die Summe der Einzelurteile; aber sein ungeheurer Wert für den Fortschritt der Wissenschaft liegt darin, dass es jenes Konglomerat zu einer begrifflichen Einheit der Erkenntnis zusammenfasst, und dass sodann diese neugewonnene Einheit gerade so gut wieder zu einer Erweiterung der Erkenntnis drängt als Anfangspunkt einer neuen Erkenntnisreihe, wie dies das erste Einzelurteil tat. Es ist die ursprüngliche Eigenschaft der Einheit, der Eins, dass sie notwendig auf die Erzeugung einer Mehrheit (die dann wieder nach ihrer Zusammenfassung zur Einheit strebt) hindrängt; jede Einheit wird für unser Denken ohne weiteres zum Baustein einer Mehrheit. Jene begriffliche Einheit, die nicht schon im Obersatz enthalten ist, wo sie ohne gemeinsame Eigenschaft noch gar keinen Sinn hat, sondern erst in der „Summierung“ der Untersätze entsteht, sie ist das, was die Induktion zu einer Synthese macht; und die Fruchtbarkeit der Induktion gründet sich darauf, dass jene Synthese als Schema sofort die Form einer Aufgabe annimmt, nämlich die Aufgabe der Vervollständigung des Inhalts dieses Schemas, indem sich (die Induktion ist ja unvollständig, und zwar in verschiedener Beziehung) die einzelnen Teile der Synthese gleichsam gegenseitig anregen durch Vergleichung, Analogie etc. Jede solche Synthese ist mehr ein Programm,

ein Versprechen, das stets Erfüllung verlangt; denn die einzelnen Gegenstände und Vorgänge sind sich nie so gleich, dass sie ohne weiteres einander parallell gesetzt werden dürften; der Eigenschaft des einen entspricht eine Lücke des anderen, die aber erst jetzt als Lücke empfunden wird, infolge jener Zusammenfassung! Wenn ich Mars, Venus etc. unter dem Namen Planeten zusammenfasse, so komme ich dadurch dazu, entsprechend meinen Beobachtungen an Mars die entsprechenden Fragen an Venus zu stellen; denn auch in der Naturwissenschaft ist es das Schwierigste, die richtigen Fragen an die Natur zu stellen! Dies zeigt sich auch klar bei G., der von seinen Entdeckungen an Mond und Jupiter zu denen an Venus und Saturn angeregt wurde. Er ist sich aber auch vollständig klar darüber, was die Induktion leisten kann und was nicht; diese wäre, wenn sie alle Einzelfälle durchlaufen müsste, entweder unmöglich oder unnütz; unmöglich, wenn die Zahl der Fälle unendlich wäre; sind es aber nur endlich viele, dann macht ihre zusammenfassende Betrachtung den Induktionsschluss unnötig oder besser gesagt völlig nichtssagend. Die stets unfertige Induktion ist eine Aufgabe, und gerade darin besteht ihr Wert.

Worin besteht nun die Berechtigung eines solchen „voreiligen" induktiven Urteils? Das Motiv zu einem solchen im praktischen Leben liegt in der Notwendigkeit, ein Urteil fällen zu müssen; bei der Wissenschaft in dem logisch-formalen Bedürfnis nach Einheit und Zusammenhang unserer Erkenntnis. Die letzte leitende Maxime einer solchen induktiven geschlossenen Behauptung ist aber die Voraussetzung der Existenz eines Gesetzes: „Man weiss, dass ein gewisser Kreis von Erscheinungen durch ein Gesetz beherrscht wird, aber das Gesetz selbst ist noch unbekannt. Dieses Gesetz nun kann sich vielleicht schon aus der Zusammenstellung einiger weniger Fälle offenbaren, und man ist, wenn man auch nur aus wenigen Fällen einmal zu seiner Kenntnis gelangt ist, sicher, dass es für alle die Fälle gelten muss, die in diesem Kreise von Erscheinungen stehen. Auch lässt sich das einmal gefundene Gesetz leicht an allen andern unter ihm stehenden Fällen prüfen" (Apelt S. 41).

Der gemeinsame Unterschied der Keplerschen und gal. Induktion von derjenigen Bacons besteht nun aber darin, dass für sie diese Gesetzmässigkeit eine mechanische war, während die Baconische Induktion im Grunde eine blosse Statistik des zeitlichen Verlaufs bildet. Ihre Richtigkeit hängt rein nur von der relativen Unvollständigkeit der behandelten Fälle ab. Sie verzichtet auf einen notwendigen mechanischen Zusammenhang der Dinge; nach ihr müsste z. B. die Nacht

die Ursache des Tages sein. Dagegen bildet die Grundlage für die Induktion der Bahn eines Planeten aus 100 Beobachtungen bei Kepler die mathematische (a priorische) Form des Kegelschnittes. „Es ist der uralte Erbfehler in der Theorie der Induktionen, dass man diese Schlussart von aller Erkenntnis a priori gänzlich unabhängig machen wollte und das durch die Gewohnheit bestimmte Gesetz der Erwartung ähnlicher Fälle für das Prinzip aller Induktion hielt" (Apelt S. 45). Für die Naturwissenschaft handelt es sich aber nicht bloss um die Erkenntnis der Begleitung, sondern der (mechanischen) Bewirkung des einen Vorgangs durch den andern.

Auf Grund dieser allgemeinen Ausführungen über den methodischen Begriff der Induktion können wir nun den speciellen Charakter der gal. Methode genauer ausführen, sowie ihren Unterschied von der Keplerschen Induktion feststellen. Beide Methoden bezwecken eine Ableitung des Allgemeinen aus dem Besonderen; aber nur die Methode Keplers ist die eigentlich induktive, die aus der Zusammenstellung von einzelnen Beobachtungen zu eigentlich empirischen Naturgesetzen (die immer erneuter Bestätigung bedürfen) führt. Den vollständig anderen Charakter der gal. Methode ersieht man am besten aus dem Charakter seiner Gesetze: Trägheitsgesetz, Gesetz der gleichförmig beschleunigten Bewegung des freien Falls etc. Diese gelten, richtig verstanden, unabhängig von aller zukünftigen Erfahrung, als notwendige Grundformen alles mechanischen Geschehens. Beide Methoden sind am innigsten vereinigt in Newton: Den Kern seiner „Naturphilosophie" bilden sein induktives Gravitationsgesetz und seine drei (abstrahierten) Grundgesetze der Bewegung.

Das, was Apelt Abstraktion nennt, ist im wesentlichen G. „metodo resolutivo". Er sucht das allgemeine Gesetz dadurch zu gewinnen, dass die Vergleichung der Fälle und Beobachtungen durch die Analyse eines einzelnen Falles ersetzt wird; aber dies darf nun nicht so verstanden werden, dass sich G. etwa von der unendlichen Mannigfaltigkeit der physikalischen Vorgänge auf einige wenige willkürlich gewählte (z. B. besonders einfache) zurückgezogen und diese nun ausser allem Zusammenhang nach spekulativen Gesichtspunkten untersucht hätte; wir verweisen z. B. auf ein Fragment (VIII, 424). auf dem sich G. eine ganze Anzahl von Fragen aufnotierte, die für die umfassende Aufhellung der mechanischen Vorgänge beim artilleristischen Schiessen von Bedeutung sein können; ferner auf die schon früher erwähnte Schätzung der exakten Messung bei G. Aber das ist allerdings der letzte Sinn der risolutiven Methode, dass die Zusammenstellung und Ver-

gleichung von noch so vielen Einzelvorgängen nicht zum wahren Verständnis derselben führen kann, solange nicht die entscheidenden mechanischen Grundformen derselben durch die Analyse „typischer" Fälle erfasst sind (vgl. auch das Verhältnis von Condillacs „Décomposition des phénomènes" und „composition des idées"!).

Ein besonders klares Beispiel für die Kunst G., analytisch-dialektisch (Methode und Darstellungsart [Dialog!] hangen bei ihm aufs engste zusammen!) aus einem Vorgang die wesentlichen Merkmale „herauszudisputieren", das wesentliche an einem Beispiel zu bestimmen, ist seine Ableitung seines Trägheitsgesetzes (z. B. VII, 172 f.); hier wird dialektisch ausgeführt, dass eine ideal harte Kugel auf einer ebensolchen horizontalen Ebene eine Bewegung ins Unendliche beibehalten müsse. Dabei ist von einer summierenden Induktion aus einer Reihe von exakten Experimenten noch keine Rede, sie wäre bei einem solchen „idealen" Fall auch von vornherein ausgeschlossen; es kommt vielmehr auf das principiell richtige Verständnis eines einzigen Falles an; „ich könnte hier tausend Erfahrungen anführen; aber wo eine von ihnen nicht genügte, wäre alle Mühe umsonst" (VII, 178).

Wie kam aber G. dazu, mit solcher Sicherheit die a priori notwendigen Grundverhältnisse der „mathematischen Naturphilosophie" aus den Erscheinungen zu „erschauen"? „Es gibt keine Regeln, wahre Hypothesen zu erfinden, so wenig es Regeln gibt, schöne Gedichte zu machen" (Riehl a. a. O. S. 5); das wusste auch G., besser als Bacon; wenn man den Gründen unserer „Konklusionen" nachforschen wolle, dann müsse man das Glück haben, die Ueberlegung von Anfang an auf die Strasse des Wahren zu leiten; sei diese nur erst gefunden, dann komme man leicht von einer Erkenntnis zur andern, durch Ueberlegung oder Erfahrung (VII, 434). G. hatte dieses Glück in reichstem Masse; er sagt selbst einmal von sich, ein gewisses natürliches Talent habe ihm je und je ermöglicht, mit den unscheinbarsten und bekanntesten Tatsachen die schwierigsten Vorgänge aufzuhellen (VI, 326). Diese Gabe betätigte er auch glänzend in seiner Theorie der Pendelschwingungen; die Ursache seines Erfolgs war gerade hier die Verbindung von exakter Messung und klarer Einsicht in die einfachen Grundformen des Vorgangs. (Ueber den metodo risol. u. compos. vgl. auch die Stellen VII, 75 f.; IV, 521; XVII, 160!).

Einen exakten Begriff von der gal. Methode (ich erinnere daran, dass wir dabei immer in erster Linie an seine Mechanik denken) erhalten wir aber erst, wenn wir nun die genaue erkenntnistheoretische Struktur seines methodischen Ge-

dankenganges, sowie den Anteil, den das empirische und das rationale Element, Erfahrung und Mathematik, dabei haben, feststellen. Wenn jene Methode zum Ziel hatte, aus der Menge der Erscheinungen auf die ihnen zugrunde liegenden allgemeinen mechanischen Gesetze zu schliessen, und wenn sie dies durch die Analyse einzelner typischer Beispiele zu erreichen suchte, so setzt diese Methode implicite jene Gesetze als notwendige a priorische Formen unseres Verstandes voraus. Dessen war sich G. auch klar bewusst, was aus seiner oft betonten Zustimmung zu der platonischen Lehre der Anamnesis hervorgeht (vgl. z. B. VII, 171!). Wie kommen wir nun auf diesem doch scheinbar rein empirischen Wege zu jenen notwendigen mechanischen Grundgesetzen?

Auf die richtige Antwort kann uns eine Stelle in einem Brief G. an Fra Paolo Sarpi (X, 105; 16. X. 1604) führen. Als ihm beim Studium der Bewegung ein absolut unzweifelhaftes als Axiom zu setzendes Prinzip fehlte, aus dem er die beobachteten Erscheinungen hätte ableiten können, da sei er auf eine Voraussetzung („proposizione") zurückgegangen, die ihm „sehr natürlich und evident" schien. Es handelte sich darum, das Gesetz, nach dem die Bewegung des freien Falles vor sich geht, zu finden. Dazu müssen wir nach G. nach einem festen Prinzip vorgehen, das gleichsam als mathematisches Frageschema den durch mannigfache Bedingungen beeinflussten empirischen Vorgängen gegenübergestellt werden soll. Als ein solches Prinzip, das also die feste Grundform für alle Fallbewegungen bilden sollte, nimmt er zuerst an, dass die Geschwindigkeit im Verhältnis der durchfallenen Räume zunehme; als dies mit der Erfahrung nicht stimmte, ging er zu der Annahme der Proportionalität von Geschwindigkeit und Fallzeit über. Denn die Aufgabe besteht hier darin, eine solche Definition der beschleunigten Bewegung aufzustellen und ihre „passiones" und „symptomata" rein deduktiv so aus ihr abzuleiten, dass sie den in der wirklichen Natur beobachteten Phänomenen möglichst nahe entsprechen (s. De motu accelerato; 1604, sowie XVIII, 11 ff.!).

Die erste Aufgabe besteht also darin: „Definitionem ei (scl. motui) quo utitur natura, apprime congruentem investigare atque explicare convenit" (VIII, 197). Was führt uns aber zur richtigen Definition? „Ad investigationem motus naturaliter accelerati nos quasi manu duxit animadversio consuetudinis atque instituti ipsiusmet naturae in ceteris suis operibus omnibus, in quibus exercendis uti consuevit mediis primis, simplicissimis, facillimis" (VIII, 197). In der Richtigkeit der Definition bestärkt ihn „quia symptomatis, deinceps a nobis demonstratis, apprime

respondere atque congruere videntur ea, quae naturalia experimenta sensui repraesentant" (ibid.). Die Grundannahme mit den deduktiv aus ihr abgeleiteten Gesetzen muss mit den wirklichen Fallvorgängen verglichen werden; „das ist das gebräuchliche und notwendige Vorgehen in jenen Wissenschaften, die auf die Beobachtungen der Natur (conclusioni naturali) die mathematischen Beweise anwenden, wie man das sieht in der Perspektive, in der Astronomie, Mechanik, Musik etc., welche Wissenschaften mit sinnlichen Erfahrungen ihre Prinzipien bestätigen, die die Grundlage des ganzen folgenden Aufbaus darstellen" (VIII, 212). Aber allerdings werden die mit absoluter Strenge entwickelten Ueberlegungen nach G. nie genau mit den durch mancherlei „Hindernisse" beeinflussten tatsächlichen Vorgängen übereinstimmen; dessen muss sich die Wissenschaft, die von den unendlich mannigfaltigen zufälligen „Variationen" der Wirklichkeit „abstrahieren" muss, stets bewusst sein (VIII, 276). Aber auch wenn den aufgestellten Definitionen und Theorien keine wirklichen Vorgänge entsprächen, wären jene nicht wertlos; wir können vielmehr bei G. sehen, wie es ihm ein Bedürfnis ist, besonders einfache Hypothesen zu fingieren, die event. für neue Entdeckungen richtunggebend sein könnten (siehe seinen Brief XVII, 89!). So ist es auch bezeichnend, dass er bei einem Disput über einen artilleristischen Vorgang (VIII, 278) erklärt, den von ihm hier geschilderten Versuch nicht angestellt zu haben, was er doch unbedingt hätte tun müssen, wenn ihm das empirische Experiment die Hauptstütze seiner Wissenschaft wäre. Das ist ihm vielmehr seine streng mathematisch aufgebaute Theorie; der Fortschritt ist nur der, dass er ihren erkenntnistheoretischen Charakter richtig erkennt: sie ist ihm nicht mehr die willkürliche Gesetzgeberin der Natur, sondern der feste Standpunkt, von dem aus exakte wissenschaftliche Fragen an dieselbe gestellt werden. Daher, und G. liegt sehr daran dies zu betonen, tut es der Wahrheit seiner Theorie in keiner Weise Abbruch, wenn sie mit der empirischen Wirklichkeit noch nicht völlig übereinstimmen sollte: „Argomento „ex suppositione" sopra il moto" (XVIII, 11 ff.). Definitionen sind (wie G. wiederholt erklärt), in der Wissenschaft völlig frei; in ihnen selbst können keine Irrtümer entstehen, sondern erst in ihrer falschen Anwendung, wenn die „Grenzen der Definition" überschritten werden (IV, 631 ff.).

Dieser Begriff der „Argumentation ex suppositione" (von der G. auch eine klare zusammenfassende Darstellung in seinem Brief an Pietro Carcavy gibt, XVII, 88 ff.) scheint mir den Kernpunkt der gal. Methode zu bilden; und wenn er auch bei seiner Bestimmung der Fallgesetze mit ganz besonderer

Klarheit hervortritt, so hat er doch auch im allgemeinen der gal. Methode die entscheidende Form gegeben; G. ist auch bei der Lösung von andern Problemen noch ganz analog vorgegangen; z. B. bei der Frage nach der sogen. Liberation des Mondes (XVII, 293). Und, auf Grund derselben Methode, erlebte schon G. einen ähnlichen Triumph wie die spätere Astronomie mit der vorausberechneten Entdeckung des Planeten Neptun durch Leverrier und Adams (1846); denn er meldet am 1. Januar 1611 dem Gesandten de'Medici seine Entdeckung der Venusphasen mit den stolzen Worten: „Sie werden daraus ersehen, wie ich seit drei Monaten begann, die Venus am Abend sorgfältig mit dem Glas zu beobachten, um mit den Sinnen selbst das zu sehen, woran der Verstand nicht mehr zweifelte. Sig. Kepler und die andern Copernicaner werden sich also rühmen können, richtig geglaubt und philosophiert zu haben“ (XI, 11).

Wenn das im bisherigen Ausgeführte die Hauptzüge der gal. Methode darstellt, so ist dabei als das erkenntnistheoretisch Bedeutsamste und Folgenreichste festzustellen, dass G. der erste war, der sich über das rationale und empirische Element seiner Methode und ihre gegenseitige Wirksamkeit vollkommen klar war; durch die bewusste Trennung dieser zwei Zweige unserer wissenschaftlichen Erkenntnis wurde ihre natürliche Entwicklung garantiert und die Gefahr abgewendet, dass der eine wieder vom andern zum Schaden des Ganzen unterdrückt wurde. Dadurch wurde für immer der sichere Fortgang der Naturwissenschaft gesichert. Wir haben nun im einzelnen noch kurz etwas näher die Aufgabe des rationalen (mathematischen) und empirischen Elements in der gal. Naturwissenschaft zu untersuchen.

Es wäre eine interessante Aufgabe, in der Entwicklung der gal. Anschauungen (etwa bei seinen Untersuchungen über den freien Fall) zu verfolgen, wie er allmählich von seinen frühern Ansichten über die Aufgabe und Bedeutung rationaler Principien in der Wissenschaft zu der im vorigen dargelegten klaren Auffassung gelangte. Diese Entwicklung ging parallel der andern, in der die Frage nach dem Warum? immer mehr durch diejenige nach dem Wie? verdrängt wurde. Tatsächlich hat G. z. B. noch ziemlich lange neben der in den „Discorsi“ ausgeführten exakt-mathematischen Theorie des freien Falls an einer Erklärung desselben (d. h. seiner Beschleunigung) durch das langsame Verschwinden einer „vis impressa“ festgehalten (siehe Wohlwill S. 144 ff.!). Er schien „geneigt zu glauben, dass man im Vertrauen auf eine Einsicht, die den

Verstand durchaus befriedigt, den scheinbaren Widerspruch der Erfahrung zunächst unbeachtet lassen dürfe“ (ibid. S. 145). Besonders aber hat er, wie es scheint, bis zuletzt an gewissen allgemeinen Prinzipien der Naturerklärung festgehalten, z. B. „Natura nil facit frustra“, ein Satz, der von Aristoteles stammt und auch die heuristische Maxime des Copernicus gewesen sein soll (siehe Müllner S. 28); oder im Dialog noch bemerkt er einmal: „Die Natur bewirkt nicht mit vielen Dingen das, was sie mit Hilfe weniger tun kann“ (VII, 143). Es fragt sich, ob solche Sätze nur Ueberbleibsel der scholastischen Denkweise (Strauss S. 17) darstellen, oder zu den notwendigen Grundlagen jeder Naturwissenschaft gehören, als bewusste oder unbewusste Kriterien und Richtlinien, nach denen die Erforschung der Natur und die Auswahl der Erscheinungen sich vollzieht. (Vergl. z. B. die Art, wie G. zu seiner richtigen Hypothese der Fallbewegung kommt, De motu accel. II, 261; dann VIII, 197 etc.; siehe auch Poincaré, Science et Méthode, 1er chap.)

Bei der Betrachtung der Himmelsbewegungen sind es natürlich besonders ästhetische Rücksichten, die, wie schon Copernicus und Kepler, so auch G. nicht unberührt lassen. Wie sich Copernicus über die Schönheit und Harmonie der Anordnung des Sonnensystems zu dem Ausrufe begeistern lässt: „Quis enim in hoc pulcherrimo templo lampadem hanc in alio vel meliori loco poneret, quam unde totum simul possit illuminare?“ (De Revolut. lib. I. cap. 10), so sieht auch G. (V, 301) in der Sonne das Licht, Wärme und Leben spendende Herz des Universums (siehe auch V, 303).

Schon konkreter und enger mit den eigentlichen Wesen seiner mathematischen Naturwissesnchaft zusammenhängend lauten seine Aeusserungen über die Bewegungen, die mit dem geordneten Bau des Universums vereinbar sind. Es ist doch zu beachten, dass der „empirische“ Naturforscher G. die natürliche Aufwärtsbewegung der leichten Körper a priori bestreitet, „weil die Abwärtsbewegung natürlicherweise notwendig ist für die Konstitution der Welt“ (IV, 157). Also nicht nur Gründe der bessern Naturerklärung, sondern auch solche a priorische Ueberzeugungen über den Bau des Universums etc. (die doch nicht empirische sein können!) sind für G. bestimmend. Dass er sich nie ganz von der Unterscheidung zwischen natürlicher und gewaltsamer Bewegung frei machen konnte, erwähnten wir schon früher (siehe dazu auch VII, 107 ff.!). Dazu gehören auch seine Ansichten über den Unterschied von geradliniger und kreisförmiger Bewegung und ihre Möglichkeit in einem geordneten Universum (siehe z. B. VII, 43 und 55: wenn das Universum in vollkommener Ordnung von Gott erschaffen ist, und wenn die Erde sich darin bewegt,

so kann diese Bewegung nur eine kreisförmige sein). Solche Aeusserungen und ihren Einfluss im einzelnen dürfen wir nicht übersehen; aber G. hütet sich wohl, von hier sich etwa in „Mysterien", z. B. über den Bau des Universums, einzulassen; auf eine dahingehende Bemerkung erklärt er einmal, dergleichen tiefe Betrachtungen ziemten sich für „höhere Lehren" als die seine; er bescheide sich mit der unwürdigeren Aufgabe, aus der dunkeln Tiefe die Rohstoffe heraufzuholen, aus denen dann die wahren Künstler „wunderbare Bildwerke" formen würden (VIII, 225). Wenn Cassirer hierzu bemerkt (Erk. problem S. 415): In dieser stolzen Selbstbescheidung „sondert sich für immer das Gebiet der wissenschaftlichen Forschung und der ästhetischen Phantasie, wandelt sich Keplers Zweckbegriff der Harmonie in den Gesetzesbegriff der neueren Zeit", so ist dies also nur so zu verstehen: Auch G. benutzt die der Wissenschaft notwendigen a priorischen, ästhetischen, logischen u. a. Principien (siehe z. B. auch, mit welcher Meisterschaft er das Princip der Analogie handhabt, z. B. zwischen Erde und Mond, VIII, 501 ff.); aber er bleibt sich ihres a priorischen Charakters immer bewusst und weiss sich stets in richtiger Weise in seinen wissenschaftlichen Aufgaben zu bescheiden. Das Musterbeispiel bleibt stets seine Falltheorie. Vorläufig genügt es ihm hier, die Eigenschaften der von ihm definierten gleichförmig beschleunigten Bewegung rein mathematisch zu bestimmen, ohne auf die von der Philosophie so oft erörterte Frage nach der Ursache der Beschleunigung einzutreten (obschon er auch hierüber bestimmte Hypothesen hat). Die mathematische Theorie ist die Grundlage der ganzen Wissenschaft; erst was von ihr aufgenommen und begriffen ist, erhält wissenschaftlichen Wert (siehe VIII, 201 und 296).

Alle diese rationalen Momente und regulativen Prinzipien sind nun wirksam bei der Aufgabe der Vernunft in der Naturwissenschaft, die in der Kritik der sinnlichen Erfahrungen besteht. Denn — wie wir am besten aus einigen Beispielen sehen werden — der wahre Verlauf der Naturvorgänge ist nicht einfach direkt aus der sinnlichen Wirklichkeit abzulesen, auch jene müssen „interpretiert" werden; so sehen wir z. B., dass G. die Behauptung des Aristoteles, dass die schweren Körper schneller fallen als die leichten, nicht etwa zuerst und allein durch Experimente als falsch, sondern auch durch logische Ueberlegungen als in sich widerspruchsvoll aufweist (VIII, 107). Interessant ist hier ein Fall, bei dem ein Gegner G. gegen diesen eine sinnliche Erfahrungstatsache anführt, und G. zeigt, dass trotzdem seine Ansicht die richtige ist. Existieren auch an der Mondperipherie Berge? Der Jesuit sagt: in der Mitte sehen wir solche, also sind sie dort

vorhanden; am Rande sehen wir keine, also existieren dort auch keine. Dieser Schluss ist falsch, erwidert G.; denn wenn am Mondrand Berge existieren, so müssen wir doch aus notwendigen Ueberlegungen (Perspective etc.) schliessen, dass wir sie dort trotzdem nicht sehen können. (Brief an Christ. Grienberger, V, 182.) Wir sehen die Mondberge überhaupt nicht direkt, sondern können nur aus einzelnen Erscheinungen auf ihre Existenz schliessen. Woraus wissen wir also eigentlich, dass der Mond gebirgig sei? „Wir wissen es nicht durch die einfache Sinneserfahrung, sondern durch die Verknüpfung der Ueberlegung (Discorsi) mit Beobachtungen und sinnlichen Erscheinungen“ (V, 183). Hierin zeigt G. seine tiefe Erkenntnis des Wesens der Methode der empirischen Naturwissenschaft: was uns die Sinne direkt zeigen, das sind nur einzelne Beobachtungen, aus deren Combination wir uns dann ein solches Gesamtbild machen müssen, aus dem jene wieder rückwärts als Folgerungen abgeleitet werden können. (Als Beispiel dafür, wie die sinnliche Erfahrung nicht nur lückenhaft sein, sondern auch positiv täuschen kann, siehe VIII, 511.)

Das grösste und folgenreichste Beispiel für den Widerspruch zwischen Sinnlichkeit und Verstand bildete aber das copernicanische System. Es ist bekannt, welchen Einfluss es auf Brunos erkenntnistheoretische Ansichten von der Unzulänglichkeit der blossen sinnlichen Wahrnehmung hatte. Die Lehre von der Bewegung der Erde widerstreitet so sehr dem Sinnenschein, dass trotz allem, was für Copernicus spricht, G. mit Recht bemerkt, er könne nicht genug den hohen Geist jener Männer bewundern, die an die neue Lehre glaubten, „und mit der Lebendigkeit ihres Intellekts so sehr ihren eigenen Sinnen Gewalt antaten“, dass sie das, wozu sie die Ueberlegung zwang, dem offenen Sinnenschein voranstellten. Damit wir doch überzeugt werden, muss sich „senso superiore e più eccellente de i comuni et naturali“ mit der Vernunft vereinigen (VII, 355 f.; siehe auch 362 f.). Mit überwältigendem Eindruck hat G. gleich den andern Anhängern des Copernicus in der neuen Lehre vom Bau des Universums die gewaltige schöpferische Kraft des „Discorso“ — des Logos der Griechen — empfunden.

Das Princip, das im letzten Grunde den rationalen Charakter der gal. Wissenschaft und im besonderen ihrer Methode bestimmte, ist die Mathematik. Die mathematischen Formen und Kategorien, in deren Sprache nach G. das Universum, die ganze Natur selbst geschrieben ist, bilden die feste Grundlage der exakten Naturwissenschaft; sie entsprechen gleichsam den

geometrischen Formen, die der Künstler dem vollendeten harmonischen Kunstwerk als Schema zugrunde legt. In den gal. Naturgesetzen ist exakt und notwendig das und nur das, was mathematisch ist. Der mehrfach durch Beispiele erläuterte Gang seiner Methode ist stets der, dass G. (durch seine „risolutive Methode") die mathematischen Grundformen der (mechanischen) Vorgänge festzustellen suchte, durch Analyse von typischen Beispielen; dann (im „metodo compositivo") die rein mathematische Theorie dieser mechanischen Grundformen aufstellte, und diese dann endlich mit den wirklichen Vorgängen verglich. Die Ueberzeugung von der immanenten Notwendigkeit jener mathematischen Theorie ist das unerschütterliche Fundament der gal. Wissenschaft, ihre Garantie und die Garantie ihrer Wahrheit. Sein Ideal ist es, jedes naturwissenschaftliche Problem zu lösen „mit jener Genauigkeit, die man in den mathematischen Dingen verlangt" (I, 216). Ja, wir können nach G. sogar überhaupt nur das verstehen, was mathematisch fassbar ist. So weist er darauf hin, dass der Ausspruch, die Kometen bewegten sich in „irregulären" Kurven, einfach darauf hinauslaufe, dass man die Unmöglichkeit oder Unfähigkeit, ihre Bewegung zu erklären, verheimlichen wolle; eine Erklärung durch eine unregelmässige Kurve sei gleichbedeutend mit keiner Erklärung. Eine reguläre Kurve ist eine definierbare Kurve; die unregelmässigen dagegen seien „zufällig", undefinierbar, man könne von ihnen keine Eigenschaft beweisen, und die Beschreibung einer Erscheinung durch eine solche Kurve sei gleichbedeutend mit dem Geständnis, dass man von jener „nichts wisse" (VI, 244). Das einzige Mittel der Erziehung zu wahrem wissenschaftlichen Denken ist die Mathematik (VIII, 175); mit Recht fordert daher Plato von seinen Schülern das Studium der Geometrie. Haben wir nur allgemeine Ansichten ohne mathematisch exakte Darstellung, so sind wir stets wieder dem Irrtum ausgesetzt (VIII, 175). Die Logik allein, deren Aufgabe die „Regulierung" unserer Ueberlegungen sei, genüge zur Lösung der uns von der Naturwissenschaft gestellten Aufgaben, speziell zur Auffindung und exakten Darstellung der notwendigen Beweise, nicht (ibidem; über das Verhältnis von Mathematik und Logik siehe ferner VIII, 134 und VII, 59).

So beruht schliesslich der ganze tatsächliche Erfolg der Wissenschaft G. auf dem Genie, mit dem er die mathematischen Kategorien auf die mechanischen Vorgänge angewandt hat. Er ist nicht bei den oben erwähnten Spekulationen über natürliche und gewaltsame, geradlinige und kreisförmige Bewegungen stehen geblieben, oder dabei, ob z. B. der peripatetische Satz „In puncto regressus mediat quies" stets un-

bedingt gelte (z. B. VII, 301); er hat vielmehr ganz meisterhaft gerade auch jene mathematischen Methoden gehandhabt, die für die moderne Naturwissenschaft von besonderer Bedeutung geworden sind, vor allem die infinitesimale (siehe z. B., mit welcher Sicherheit er [VIII, 208] das Wegintegral über eine unendliche Summe berechnet; den Begriff des unendlich Kleinen 2. Ordnung; die graphische Darstellung der funktionalen Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Zeit, VII, 225). Er hat endlich auch klar den grossen Nutzen der mathematischen Begriffssprache eingesehen (VIII, 74).

Wir haben die Bedeutung der rationalen Momente und im besondern der Mathematik für die gal. Wissenschaft so stark hervorgehoben, weil sie der Gefahr, verkannt zu werden, besonders ausgesetzt sind. Dadurch wird natürlich die ebenso unbedingte Unentbehrlichkeit der sinnlichen Erfahrung in keiner Weise berührt. In ihrem Zeichen ging ja ganz eigentlich die Opposition der Renaissance gegen die scholastische Philosophie vor, und es ist das grosse Verdienst G., dass er dabei doch die Notwendigkeit der rationalen Prinzipien nicht übersehen hat. Auch er nennt die Erfahrung die „vera maestra“ (VII, 365); neben der mathematischen „Spekulation“ sind die „sensate esperienze“ die „sicheren Führer zum richtigen philosophieren“; denn die exakten mathematischen Verhältnisse, den sachlichen Inhalt der Wissenschaft kann man allein aus der sinnlichen Wahrnehmung erhalten. Kepler und die andern Copernicaner konnten wohl aus dem copernicanischen System Konsequenzen ziehen über die Form der Erscheinungen, wie unmöglich es aber ist, Tatsachen zu erfinden, zeigen Keplers Versuche, G. Diagramme aufzulösen (XI, 15); alles was er über den Inhalt der teleskopischen Entdeckungen rät, ist nach Analogie zu schon Bekanntem gebildet. Ob die Sonne Flecken hat, können uns nur Beobachtungen, weder Meinungen noch die Mathematik lehren. Wohl ist auch G. (wegen seiner falschen Theorie von Ebbe und Flut) der Vorwurf gemacht worden (Wohlwill S. 594) einer (anscheinenden) Gleichgültigkeit gegen die Tatsachen der Erfahrung zugunsten seiner Theorie. Richtig ist nur das: „Im vollen Gegensatz zu den Lehren seines Zeitgenossen Bacon von Verulam fordert G. vorsichtige Zurückhaltung dem Widerspruch der Erfahrung gegenüber, wo eine bahnbrechende neue Erkenntnis in wissenschaftlicher Weise wohl begründet erscheint (a. a. O. 596); aber immer verlangt er prinzipiell die Bestätigung seiner Theorie (in dem oben erklärten Sinne) durch die Erfahrung; so bittet er seinen Freund G. F. Buon-

amico in Madrid, ihm Beobachtungen von Seefahrern über Fluterscheinungen mitzuteilen; je mehr einzelne Tatsachen er erfahren könne, um so willkommener seien sie ihm, als Grundlage seiner Wissenschaft (XIV, 54). „In der mangelnden Uebereinstimmung der Wirklichkeit mit den Forderungen der Theorie sah er Probleme für die weitere Forschung, keinen Gegenbeweis“ (Wohlwill 596).

Um die methodische Bedeutung, die die sinnliche Erfahrung für die gal. Wissenschaft hat, in ihrer ganzen Exaktheit und Ausführlichkeit darzustellen, müsste nun eigentlich sein Vorgehen in den verschiedenen Hauptproblemen der Naturwissenschaft und vor allem auch seine Ansicht über Wesen und Aufgabe des Experiments genau untersucht werden. Darüber seien hier noch ein paar Bemerkungen angeschlossen. Wir sagten, dass es G. bei der Erklärung eines Vorgangs vor allem auf die klare Herausarbeitung der mechanischen Grundverhältnisse desselben ankam, und dazu wusste er unter Umständen auch das Experiment mit grosser Meisterschaft zu handhaben; er nennt sich selbst einmal „einen nicht weniger neugierigen als fleissigen Experimentator“ (VIII, 322); schlagend widerlegt er z. B. die aristotelische Erklärung der Bewegung durch das Medium an dem Beispiel der sich um eine Axe drehenden Kugel. Eine glückliche Hand hat er auch bei seinen Pendelversuchen, indem durch die Beobachtung von je ca. 1000 Schwingungen die Beobachtungsfehler beliebig verkleinert werden (vergl. dazu die Experimente del Montes, sowie G. eigene Bemerkung (VII, 321), dass dort, wo die Resultate um Tausende von Miglien voneinander und also auch von der Wahrheit abweichen, wo also die Grundlagen der Rechnung noch ganz unsicher sind, es keinen Sinn hat, ein Resultat auf den Zoll genau anzugeben). Man sieht dabei klar, worauf es bei solchen für eine neue Wissenschaft grundlegenden Versuchen ankommt: eine solche Anordnung zu finden, dass das Unwesentliche des Vorgangs, die Beobachtungsfehler etc. möglichst verkleinert zurückgeschoben werden, um die mechanischen wesentlichen Grössen klar heraustreten zu lassen. Dazu muss aber natürlich im Forscher schon, bewusst oder unbewusst, eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen jenen Grössen, eine bestimmte Anschauung von dem Wesen des mechanischen Vorgangs vorhanden sein. Von besonderer Wichtigkeit ist die Beeinflussung der abstrakten Gesetze durch die Materie (X, 100 und VIII, 51). G. stellt dabei als erster einen exakten, wissenschaftlich brauchbaren Begriff der Materie auf, indem er das spezifische Gewicht einführt (IV, 67; siehe auch IV, 36). Es wäre ferner noch zu prüfen, welchen Einfluss etwa praktisch-technische Erfahrungen auf G. Entwick-

lung der Wissenschaft gehabt haben. Am Anfang der „Discorsi“ weist er selbst auf das berühmte Arsenal der Venezianer hin; die Wissenschaft der Schulphilosophen konnte allerdings mit solchen Dingen nicht viel anfangen; G. aber geben sie den Anlass, über die mechanischen und mathematischen Bedingungen der physikalischen Vorgänge nachzudenken. (Ueber seine praktische Natur, sein technisches Geschick siehe z. B. X, 55; X, 348 und Wohlwill S. 337.)

Damit glaube ich die Gesichtspunkte, die für die Beurteilung der gal. Methode von wesentlicher Bedeutung sind, zusammengestellt zu haben. Wer wird sich darüber wundern, dass sich dabei noch innere Gegensätze, wie das bei einer so tiefgreifenden und umfassenden Umwälzung nicht anders zu erwarten ist, feststellen lassen; aber die entscheidende Richtung der Entwicklung der Wissenschaft ist gefunden. Dafür war besonders bedeutsam die Besonnenheit, mit der G. alle sicheren Ergebnisse von blossen Hypothesen und Phantasien stets streng zu scheiden wusste, „da es mir nicht gefiel, die zweifelhaften Dinge mit den gewissen und entschiedenen zu vermischen“; er hat die wahrhaft kritische Methode der exakten Naturwissenschaft gefunden, die die für den Fortschritt der Wissenschaft so wichtigen Intuitionen und Hypothesen nicht ausschliesst, sich ihres Charakters aber stets bewusst bleibt.

Schluss.

Galileis erkenntnistheoretische Ansichten.

Es ist klar, dass diese fundamentale Umwälzung der Wissenschaft von der Natur, vor allem was ihre Aufgabe und Methode betrifft, implicite einen völlig neuen Begriff der wissenschaftlichen Erkenntnis überhaupt enthält. Sachlich bildet dieser neue Begriff die erkenntnistheoretische Grundlage der neuen Wissenschaft und müsste daher bei einer streng synthetischen Darstellung an den Anfang gestellt werden. Der historische Gang der Entstehung der gal. Wissenschaft war natürlich umgekehrt: G. war nicht „reiner“ Philosoph, sondern Naturforscher; er hat seine neue Naturwissenschaft gerade im Gegensatz zur damaligen „Philosophie“ begründet, und allein die historische Untersuchung kann uns in das Verständnis der neuen Wissenschaft führen. Aber allerdings besteht ein enger wechselseitiger Zusammenhang: Der quantitative Charakter der neuen Wissenschaft ist unmittelbar bedingt durch die Lehre von der Subjektivität der

Sinnesqualitäten, und umgekehrt; die gesetzmässige Notwendigkeit der neuen Naturwissenschaft durch die mathematische Methode derselben.

Für die Denkweise G. ist vorerst bezeichnend, dass er öfters uud deutlich auf die Grenzen unserer Erkenntnis hingewiesen hat. In diesem Sinne kämpfte er gegen den groben Anthropomorphismus in der Wissenschaft, der sein Verstehen ohne weiteres zum Massstab und Kriterium des Wissens macht, indem er besonders auch auf die Relativität unserer Begriffe hinwies (VI, 530). Wenn wir ferner mit rationalen Ueberlegungen an die Natur herantreten, und z. B. bestimmen, der Mond als Himmelskörper müsse vollkommen rund sein etc., so müssen wir uns, meint G., bewusst werden, dass solche Begriffe stets nur Sinn in Beziehung auf einen bestimmten Zweck haben; für den einen Zweck ist die Kugelform die beste und vollkommenste, für einen andern die unvollkommenste. Wenn wir unsere rationalen und ästhetischen Bedürfnisse (einfache Zahlenverhältnisse, Symmetrie etc.) zum Massstab der Natur machen, vernichten wir ihre unendliche Mannigfaltigkeit; wir hätten so z. B. die Zahl Pi rational angenommen und damit die ganze Geometrie des Kreises zerstört; wir hätten das Firmament schematisch mit Sternen besät, etc. Unser Geist ist unfähig, die unendlichen tatsächlichen Wirklichkeiten zu erfinden; wenn er nicht verdorren will, muss er sich „unbefangen“ der Natur öffnen (VII, 126). Wir dürften z. B. die Existenz des Regens auf dem Monde erst annehmen, wenn eine ganze Reihe anderer Umstände uns dort erdähnliche Zustände vermuten liessen; da dem aber nicht so ist, so müssen wir uns sehr vor willkürlichen Hypothesen hüten. Die eitle Anmassung alles zu verstehen habe ihren Grund stets darin, dass man überhaupt nie etwas verstanden, nie gründlich geprüft habe, „come è fatto il sapere“. Wir können nie beweisen, dass auf dem Monde kein Leben existiere, da sich dort Geschöpfe finden könnten, die ganz über unsere Vorstellungen hinausgingen, gerade so wenig wie ein reiner „Waldmensch“ sich je Schiffe, Fische etc. vorstellen könnte. „Das, was wir uns vorstellen, muss notwendigerweise entweder eines der schon gesehenen Dinge, oder eine Combination von solchen Dingen oder ihrer Teile sein; solche sind die Sphinxe, Sirenen, Chimären, Centauren etc.“ (VII, 86). (Siehe Humes Beispiel vom „goldenen Berg“!) Das ist also der letzte Sinn des gal. Empirismus, dass er genau das zu bestimmen sucht, was wir nie „aus uns“ wissen können, was uns vielmehr allein die sinnliche Erfahrung als „contingenten“ Inhalt für die Formen unseres Denkens liefern kann.

Auf der andern Seite kann aber auch gerade der Gegen-

satz zu schon Bekanntem uns bei der Erweiterung unserer Erkenntnis führen. G. erkannte klar, welchen besondern Wert für die Wissenschaft gewisse Paradoxien (sowohl physikalische, das hydrostatische Paradoxon z. B., IV, 76 ff., als auch besonders mathematisch-mechanische, wobei G. stets geschickt auf die so interessanten Grenzfälle [infinitesimale Probleme] aufmerksam macht, z. B. den Uebergang des Kreises in eine Gerade, des Poligons in den Kreis, die unendliche Verdünnung des Goldes etc. Discorsi, giornata prima passim.) als Stimulans zur Aufsuchung weiterer Analogien besitzen. Die „Erklärung“ durch solche Analogien besteht aber meist darin, „die eine Unwahrscheinlichkeit mit einer andern ähnlichen oder noch grössern zu beschwichtigen“ (VIII, 73). Sobald wir für das Paradoxe einer Erscheinung eine Analogie in uns geläufigen Vorgängen gefunden haben, verschwindet die Paradoxie — aber auch das Interesse! Man kann — mit einem gewissen Pessimismus — den ganzen Zweck der Wissenschaft darin sehen, das ewig Wunderbare der unendlichen Mannigfaltigkeit der Einzelerscheinung und ihrer Einzigartigkeit dadurch zu zerstören, dass wir es in den Kreis der alltäglichen Vorgänge herunter zu zerren und darin einzureihen suchen. Jene Enttäuschung darüber, dass das Wunderbare nicht wunderbarer ist als anderes, was wir als alltäglich kennen, spricht auch aus dem Motto Stevins (auf der Titelvignette seiner „Hypomnemata mathematica“. Leyden, 1605): Wonder en is gheen wonder! (s. Machs Mechanik S. 35. Bei G. s. hierzu VII, 200; IV, 697 und 700!)

Es ist der schwerste Vorwurf G. gegen den „Rationalismus“ der scholastischen Naturphilosophie, dass er die Empfänglichkeit für die unendliche Aufgabe der Naturerkenntnis vernichte. Denn diese Aufgabe ist für ihn unendlich, das zu betonen wird er nicht müde (V, 284 etc.). Diese Unendlichkeit der Aufgabe der Wissenschaft beruht auf der Unerschöpflichkeit der Natur selbst (s. das Beispiel des Naturforschers, der alle möglichen Arten der Erzeugung von Tönen aufsuchen wollte und dabei immer von neuem Staunen und zugleich Misstrauen gegenüber seinem Wissen ergriffen wurde [VI, 281]). Aber deshalb verzweifelt G. nicht an seiner Aufgabe, da das Bewusstsein, auf dem rechten Wege zur Erkenntnis zu sein, unerschütterlich war. „Man muss auf eine philosophische Unterscheidung zurückgreifen und einsehen, dass die Erkenntnis auf zwei Weisen verstanden werden kann, nämlich intensive oder extensive: und dass in letzterer Beziehung, d. h. was die Menge des Erkennbaren betrifft, die unendlich ist, die menschliche Erkenntnis „è come nullo“, und wenn sie auch Tausende von Lehrsätzen umfasste, weil tausend im Verhältnis

zu unendlich wie null ist; wenn wir aber das Erkennen intensive verstehen, dann behaupte ich, dass der menschliche Intellekt einige Sätze so vollkommen verstehen kann und von ihnen eine so absolute Gewissheit hat, wie wenn er die Natur selbst besässe; und hierzu gehören die reinen mathematischen Wissenschaften, d. h. die Geometrie und die Arithmetik, in denen der göttliche Verstand wohl unendlich viele Sätze mehr kennt, weil er sie alle kennt; aber bei jenen wenigen, die der menschliche Intellekt begreift, glaube ich, dass unsere Erkenntnis der göttlichen gleichkommt in der objektiven Gewissheit, weil sie dazu gelangt, deren Notwendigkeit zu begreifen, eine Gewissheit, die von keiner andern übertroffen werden kann (VII, 128 f.; s. a. die weiteren Ausführungen ebenda, am Schluss des ersten Tags des „Dialogs", über den Unterschied der „göttlichen" und menschlichen, der intuitiven und diskursiven Erkenntnis, speziell der mathematischen Sätze).

In diesen Worten hat es G. klar ausgedrückt, worin nach seiner Ansicht der vornehmste Wert seiner neuen Naturwissenschaft liegt: in der absoluten Notwendigkeit und Allgemeingültigkeit ihrer Gesetze. Diese beruht auf der neuen Aufgabe und Methode der galileischen Wissenschaft, die sich streng auf die mathematische Beschreibung der quantitativen „Affektionen" beschränkt, und diese Beschränkung wiederum stützt sich auf die Lehre von der Subjektivität der Sinnesqualitäten, die G. (vor Descartes und Locke) zur erkenntnistheoretischen Grundlage seiner Wissenschaft machte (siehe auch Natorp, Cassirer u. a.). Wir haben oben schon gesehen, wie G. die verstandesmässige Ueberlegung als notwendig zur Aufhellung der Sinnestäuschungen ansah; so erklärt er z. B. (VI, 277), dass es nie möglich sei, mit dem Gesichtssinn allein scheinbare Lichterscheinungen von wirklichen zu unterscheiden. Der „Schein" muss mit Verstandesgründen untersucht werden, ob er der Wirklichkeit entspricht, d. h. mit den andern Erfahrungen übereinstimmt, wie wir an dem Beispiel des Mondes sehen, der sich, wenn wir durch eine Gasse gehen, den Dächern entlang zu bewegen scheint. Dabei ist zu beachten, dass die täuschende Erscheinung an sich vollkommen klar und deutlich sein kann! Aber wir dürfen uns auch nicht etwa bei der Uebereinstimmung der Eindrücke von zwei verschiedenen Sinnen beruhigen, „um nicht zwei falschen Zeugen mehr zu glauben als einem einzigen" (III, 396). Wir müssen vielmehr die Frage prinzipiell untersuchen (s. die Fragmente III, 393 ff.), wie weit wir uns auf unsere Sinne verlassen können, d. h. ob diese uns im allgemeinen, stets täuschen, oder nur in einzelnen Fällen; die „Peripatetiker" be-

haupteten die Sinnestäuschungen nur, um einzelne unangenehme Tatsachen leugnen zu können, während sie in andern Fällen wieder sinnliche Erfahrungen als Beweise anführen (III, 395).

Die hauptsächlichste Täuschung ist nun die, dass wir die sogenannten „sekundären Qualitäten“ als reale Accidentien der Dinge ansehen. G. kommt auf diese Frage einzig an einer Stelle des „Saggiatore“ ausführlicher zu sprechen (VI, 347 ff.) bei der Bestimmung des Begriffs der Wärme, über den nach seiner Meinung noch sehr irrige Vorstellungen bestünden, wenn man glaube, sie sei „un vero accidente, affezione e qualità“, die realiter in der Materie ihren Sitz habe, von der wir uns erwärmt fühlen. Demgegenüber stellt nun G. allgemein fest, dass, sobald er sich eine Materie oder Substanz vorstellen wolle, zugleich damit die notwendige Vorstellung verbunden sei, dass jene „begrenzt und gebildet ist durch diese oder jene Figur, dass sie in Beziehung auf andere gross oder klein ist, dass sie an diesem oder jenem Ort, zu dieser oder jener Zeit existiert, dass sie sich bewegt oder feststeht, dass sie einen andern Körper berührt oder nicht, dass sie eine, wenige oder viele ist oder sind; und durch keine Einbildung kann ich sie von diesen Bedingungen trennen“; dass sie aber weiss oder rot, bitter oder süss, tönend oder stumm etc. sei, zu diesen Bestimmungen gelangten wohl weder die Ueberlegung noch die Einbildung jemals, wenn uns nicht die Sinne darauf führten. Deshalb glaube er, dass, mit Beziehung auf das Objekt, in dem sie uns zu existieren scheinen, diese Bestimmungen zweiter Art „nichts anderes seien als reine Namen, ihren Sitz (residenza) dagegen allein in dem empfindenden Körper haben“; mit der Entfernung dieses Wesens fielen auch alle diese Qualitäten dahin. Jene Eigenschaften erster Art dagegen sind die „primi e reali accidenti“.

Wenn wir uns also einen Körper vorstellen wollen, müssen wir ihn notwendig mit jenen Eigenschaften 1. Art behaftet denken; von denjenigen 2. Art erfahren wir erst durch die sinnliche Erfahrung; da sie also nicht notwendig zum Körper gehören, liegt nach G. ihre Realität nur in unsern Empfindungen; ein merkwürdiger typisch „rationalistischer“ Schluss bei dem Begründer der empirischen Naturwissenschaft!

Als Beispiel führt G. eine Hand an, die zuerst eine Statue, dann einen lebendigen Körper bestreicht. In bezug auf die Hand beide Male der genau gleiche Vorgang; die Empfindung des Kitzels ist nur in uns; ein Irrtum wäre es, zu behaupten, sie beruhe auf irgend einer Fähigkeit der Hand zu kitzeln. (Siehe dort die weitern scharfsinnigen Untersuchungen;

auch die Wärme existiert nur in uns und wird mit dem Verschwinden unseres Körpers nichts als „un semplice vocabolo“; verursacht wird die Wärmeempfindung durch die rasche Bewegung sehr kleiner Körperchen, ignicoli; doch G. will sich nicht zu weit auf den „oceano infinito“ solcher Theorien hinauswagen; er verwahrt sich auch gegen die behauptete Abhängigkeit von Epikur, Demokrit etc.)

Es sind also allein die quantitativen Verhältnisse, die das wirklich reale „Skelett“ der Gegenstände und Vorgänge der Natur bilden, und die auch allein die neue exakte Naturwissenschaft interessieren. Die Natur ist, wie G. sich ausdrückt, „in mathematischen Zeichen geschrieben“ — aber diese Schrift ist, wie wir sahen, doch nicht so ohne weiteres lesbar; es besteht vielmehr das Problem, ob und inwieweit die exakten mathematischen Formen die Wirklichkeit genau und vollständig zu fassen, darzustellen vermögen. Die peripatetische Philosophie suchte einen möglichst grossen Unterschied zwischen der „mathematischen“ und der „physikalischen“ Behandlung der naturwissenschaftlichen Probleme zu machen (siehe z. B. IV, 696 f; VI, 472 etc., wo Sarsi zwischen mathematischen und physikalischen Oberflächen unterscheiden will, G. aber erklärt, es gebe nur mathematische.) An einer Stelle des Dialogs (VII, 227 ff.) geht G. ausführlicher auf das Problem der exakten Anwendung mathematischer Begriffe auf materielle physikalische Verhältnisse ein. Die Behauptung, dass eine materielle Kugel eine materielle Ebene in mehr als einem Punkte berühre, bestreitet G. entschieden, denn dann ist die „Kugel“ eben keine Kugel, und die „Ebene“ keine Ebene mehr (siehe auch VII, 233). Prinzipiell stimmen die konkreten und die abstrakten Dinge miteinander vollständig überein; nur entsprechen jene in Wirklichkeit den aufgestellten Bedingungen nie genau. In concreto wie in abstracto berühren sich unvollkommene Kugeln in mehr als einem Punkt. Bei der Betrachtung wirklicher materieller Objekte müssen eben die Fehler in Anschlag gebracht werden; aber diese bestehen weder in der Wirklichkeit noch in der Theorie, sondern sind Fehler des unzureichenden Rechners. Jeder Gegenstand in der Natur besitzt in seiner Art für sich vollständige Vollkommenheit (VII, 236).

Wenn die Mathematik das formale Mittel darstellt, die mechanischen (und astronomischen) Vorgänge exakt zu beschreiben, so muss nun zum Schluss noch auf einen wichtigen Punkt hingewiesen werden, in welchem Sinne nämlich diese „Beschreibung“ gemeint sei. Die „Peripatetiker“ machten nämlich noch einen weiteren prinzipiellen Unterschied zwischen der mathematischen und physikalischen „Erklärung“

einer Erscheinung; die erstere war dann befriedigend geleistet, wenn nur in der mathematischen Darstellung keine immanenten Widersprüche enthalten waren; Aufgabe allein der physikalisch-philosophischen Erklärung war es aber, die wahre Ursache des Vorgangs aufzusuchen, auf dem Wege deduktiver Spekulation. Dagegen protestiert G. auf das schärfste; er will mit seiner mathematischen Beschreibung den wahren Zusammenhang der Erscheinungen angeben, denn dieser kann nur einer sein (siehe die Stelle am Anfang seines „Discorso delle galleggianti", IV, 49). Es besteht in dieser Beziehung für G. kein Gegensatz zwischen mathematischem und physikalisch-philosophischem Denken. Auch G. del Monte hatte z. B. beim Hebel das Verhältnis von Kraft und Weg untersucht, doch mehr nur als geometrische Darstellung der Verhältnisse, die zu keinem mechanischen Verständnis führte, da ihr kein solches Prinzip zugrunde lag; G. dagegen stellt sein Grundgesetz der Gleichheit der Momente bewusst an die Spitze (Le Meccaniche, II.) und führt die entsprechende Betrachtung in allen Einzelfällen genau durch; er „versteht" einen mechanischen Vorgang, derselbe ist ihm „erklärt", wenn er die Geltung seines Prinzips in ihm nachgewiesen hat (siehe auch Wohlwill S. 143 und Strauss S. 513, Anm. 12); er ersetzt allgemein die rein kinematische durch die mechanische Auffassung.

Das Beispiel, an dem dieser Gegensatz am besten klar wird, ist der Streit über die Wahrheit des copernicanischen Systems und die daraus entstehende Unterscheidung des „mathematischen" und „philosophischen" Astronomen. Ist jenes System nur eine mathematische Hypothese zur einfachsten Beschreibung der astronomischen Erscheinungen (wie es in der Vorrede Osianders zu dem Werk des Copernicus behauptet wurde), oder hat es den Zweck, die wahre Konstitution des Universums zu bestimmen? G. hat kaum für etwas anderes so seine ganze Kraft eingesetzt wie dafür, klar zu machen, dass die erstere Auffassung den ganzen Sinn seiner neuen Wissenschaft vernichte, die auf der Ueberzeugung beruht, dass es eine einzige letzte wahre und notwendige Konstitution des Universums und eine entsprechende Wissenschaft von ihr gibt. Die Frage nach dem Beweis der unbedingten Wahrheit des copernicanischen Systems führte G. zu den tiefsten, im wahrsten Sinne philosophischen Ueberlegungen über den notwendigen Charakter aller wahren Naturwissenschaft (siehe Wohlwill S. 535 ff., sowie 486; Natorp, Cassirer etc.). Es können nicht das copernicanische und das ptolemäische Weltbild (auch nicht rein mathematisch) zu-

gleich richtig sein: ist die eine Ansicht wahr, so ist die andere notwendigerweise falsch (VII, 296). Und der letzte Grund, weshalb G. und Copernicus das ptolemäische Weltbild bekämpften, lag darin, dass jenes kein in sich geschlossenes einheitliches, nach einfachen mechanischen Gesetzen bestimmtes Gesamtbild der astronomischen Vorgänge liefern konnte (siehe besonders V, 298 und VII, 367!).

Das copernicanische System ist das grösste Beispiel für die Suprematie des wissenschaftlichen Denkens über den blossen Sinnenschein, und die drei grossen Naturforscher Copernicus, Kepler und Galilei haben alle drei die philosophische Bedeutung dieses Problems in seiner ganzen Tiefe erfasst; „zweierlei aber ist es, was in dem Urteil G. charakteristisch hervortritt: erstens dass das System dem Bedürfnis des Geistes nach Ordnung und Uebereinstimmung in vollkommenster Weise Genüge tut, und zweitens, dass diese Ordnung und Uebereinstimmung als Beweisgrund für die Wahrheit des Systems gilt" (Natorp a. a. O. S. 209). Nicht die nur mathematisch widerspruchslose Weltansicht des „reinen" Astronomen, sondern die eine wahre notwendige Verfassung des Weltganzen sucht G. als „philosophischer" Astronom. Seit G. ist es das Streben aller exakten Naturwissenschaft, die kontingenten Einzeltatsachen auf ein System von notwendigen Endursachen zurückzuführen, woraus erst Naturerkenntnis entsteht. Jene Naturansicht ist die wahre, die uns Einheit in der Vorstellung der Natur gibt. Damit kommen wir zum Schluss zu dem tiefsten Problem, das der philosophischen Beurteilung hier gestellt ist, zu der Frage nämlich nach der Wahrheit und Notwendigkeit der gal. Naturwissenschaft. Die eine Ansicht fasst C. Neumann (Ueber die Prinzipien der Gal.-Newtonschen Theorie S. 127) folgendermassen: „Non necesse est, hypotheses esse veras vel verosimiles; sufficit hoc unum si calculum observationibus congruentem exhibeant. — Im strengen Sinne genommen, werden die Prinzipien, die Ausgangspunkte einer physikalischen Theorie niemals als wahr oder wahrscheinlich bezeichnet werden dürfen; — sondern sie werden (mit Bezug auf unser Denkvermögen, unsern menschlichen Verstand) immer als etwas Willkürliches und Unbegreifliches zu bezeichnen sein." Aus allem bisher Ausgeführten geht hervor, dass G. eine dieser letztern entgegengesetzte Ansicht hegte. Er glaubt sowohl an eine feste Gesetzmässigkeit der Natur. als auch an die prinzipielle Fähigkeit der menschlichen Vernunft, notwendige Wahrheiten (und das sind ihm die mathematischen) zu erkennen. Die Ueberzeugung von der Notwendigkeit der Naturgesetze aber beruht für G. auf ihrem mathematischen Charakter.

Verzeichnis
der für die philosophische Beurteilung G. besonders wichtigen Literatur*.

E. F. Apelt, Theorie der Induktion, Leipzig 1854.

C. v. Brockdorff, G. philosophische Mission (Viertelj.-Schr. f. wiss. Philos. 1902).

E. Cassirer, Das Erkenntnisproblem; 2. Aufl., Berlin 1911.

E. de Portu, G. Begriff der Wissenschaft; Diss., Marburg 1904.

E. Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik, 3. Aufl., Leipzig 1887.

A. Favaro, G. Galilei e lo studio di Padova; vol. 2, Firenze 1883.

Gal. Galilei, Le Opere; Ediz. nazionale, vol. I—XX; Firenze Barbèra 1890—1909.

Gal. Galilei, Dialog über die beiden haupsächlichsten Weltsysteme; übers. v. E. Strauss, Leipzig 1891 (mit vielen wertvollen Anmerkungen).

S. Günther, Moderne Geisteshelden (Bd. 22: Kepler-Galilei), Berlin 1896.

Kultur der Gegenwart: Physik, red. von E. Warburg, Leipzig 1915. Naturphilosophie, v. Becher, Leipzig 1914.

Lionardo da Vinci; Manuscrits, 6 vol. Edit. Ch. Ravaisson, Paris 1881.

K. Lasswitz, G. Theorie der Materie; Viertelj.-Schr. f. wiss. Philos. 1888.

L. Löwenheim, Der Einfluss Demokrits auf G., A. f. G. d. Philos. 1894.

L. Löwenheim, Die Wissenschaft Demokrits, Berlin 1914.

Th. H. Martin, G., Les droits de la science et la méthode des sciences physiques, Paris 1868.

---

* S. a. das Lit.-Verz. bei Ueberweg-Frischeisen-Köhler, 11. Aufl. 1914, S. 22*, die reichhaltige Lit. bei S. Günther, sowie die sehr zahlreichen Spezialuntersuchungen Ant. Favaros! Weitere Angaben besonders bei Wohlwill und in der Ediz. nazionale.

Th. H. Martin, article: Galilée, in Francs Diction. philos.
E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklg., 6. A., Leipzig 1908.
L. Müllner, Die Bedeutung G. für die Philosophie, Wien 1895.
P. Natorp, Galilei als Philosoph; philos. Monatshefte 1882.
P. Natorp, Descartes Erkenntnistheorie, Marburg 1882.
C. Neumann, Ueber die Prinzipien der Gal.-Newtonschen Theorie, Leipzig 1870.
C. Prantl, G. und Kepler als Logiker; Sitzgs.-Ber. d. Münchner Akad. 1875.
A. Reymond, L'hypothèse héliocentr. et la condemnation de G. (Revue de Théol. et de Philos., Lausanne 1916).
Al. Riehl, Ueber den Begriff der Wiss. bei G. (Viertelj.-Schr. f. wiss. Philos. 1893).
E. Wohlwill, G. und sein Kampf für die copernic. Lehre, Bd. I, Hamburg 1909.

Inhalt.

	Seite
Einleitung	3
1. Capitel: Die neue Anschauung der Natur. Das copernicanische Weltbild	8
2. Capitel: Begriff und Aufgabe der neuen Naturwissenschaft .	21
3. Capitel: Die Methode der gal. Naturwissenschaft . . .	51
Schluss: Galileis erkenntnistheoretische Ansichten . . .	68

Vita.

Ich, Fritz Wieser, von Neunkirch (Kanton Schaffhausen), bin am 13. Februar 1890 in Hirzel (Kanton Zürich) geboren als Sohn des Pfarrers Gottlieb Wieser († 1906) und der Lydia geb. Vögelin. Nach Besuch der Schulen in Hirzel trat ich Frühling 1905 ins freie evangelische Gymnasium in Zürich, Frühjahr 1906 ans Gymnasium in Basel über, wo ich Ostern 1909 die Maturitätsprüfung bestand.

Die ersten fünf Semester bis Sommer 1911 studierte ich an der Universität Basel, im besonderen Mathematik, Physik und Chemie, in welchen Fächern ich auch Juli 1911 das Mittellehrerexamen bestand. Im weiteren brachte ich zu: das Wintersemester 1911/12 in Berlin, das Sommersemester 1912 in Göttingen, das Sommersemester 1913 in Marburg, das Wintersemester 1912/13 und vom Wintersemester 1913/14 an wieder in Basel. Eine erste mathematische Arbeit aus dem Gebiet der höheren Zahlentheorie begann ich im Frühjahr 1913, wandte mich dann aber mehr historisch-philosophischen Studien im Gebiete der exakten Naturwissenschaften zu, aus denen die vorliegende Arbeit entstand; ein sechsmaliges Aufgebot zum Grenzdienst während des Krieges hat den Abschluss meines Studiums sehr verzögert. Das mündliche Doktorexamen bestand ich am 4. Juli 1917 in den Fächern Philosophie, Mathematik und Physik.

Ich habe bei folgenden Dozenten Vorlesungen gehört: in Basel: Fueter, Spiess, VonderMühll, Matthies, Bieberbach; Fichter, Hagenbach, Rupe, Riggenbach, Zickendraht; Joël, Heman, Flatt, Pfuhl, Duhm; in Berlin: Planck, Nernst, Knopp, Cassirer, Wilamowitz, Förster; in Göttingen: Hilbert, Landau, Simon, Courant; in Marburg: Hensel. Uebungen in Seminar und Laboratorium besuchte ich bei den Herren: Fueter, Fichter, Hagenbach, Riggenbach, Flatt, Bieberbach, Joël; Planck, Cassirer, Hensel, Hilbert, Courant. Ihnen allen spreche ich aufrichtigen Dank aus für die zuteil gewordene Anregung und Belehrung; ganz besonders aber Herrn Prof. Joël für das stetige Interesse, das er mir für die vorliegende Arbeit entgegenbrachte. Die vielseitige Bildung, die ich mir während dieses reichen Studiums erwerben durfte, hoffe ich in der politischen Tätigkeit, der ich mich zugewandt habe, zum Nutzen der Allgemeinheit wieder fruchtbar zu machen.